

# Van beroep 'Chemiker'

De opkomst van de industriële chemicus en het  
polytechnische onderwijs in Duitsland (1790-1850)



ERNST HOMBURG





# Van beroep 'Chemiker'

**Deze uitgave is mede tot stand gekomen dankzij financiële steun van:**  
**de Stichting Historie der Techniek**  
**de Stichting Hoogewerff-Fonds**  
**de Stichting Kohnstamm Fonds voor Onderwijsresearch**  
**Merck Nederland BV**

# Van beroep ‘Chemiker’

De opkomst van de industriële chemicus en het  
polytechnische onderwijs in Duitsland (1790-1850)

(‘CHEMIKER’ BY OCCUPATION: THE RISE OF THE INDUSTRIAL CHEMIST AND  
POLYTECHNIC EDUCATION IN GERMANY (1790-1850))

Een wetenschappelijke proeve op het gebied van de letteren

## PROEFSCHRIFT

ter verkrijging van de graad van doctor  
aan de Katholieke Universiteit Nijmegen,  
volgens besluit van het College van Decanen  
in het openbaar te verdedigen

op woensdag 20 januari 1993 des namiddags  
te 3.30 uur precies door

**ERNST HOMBURG**

geboren op 2 augustus 1952 te Venlo

Delftse Universitaire Pers/1993

Promotores:

Prof. dr. P.M.M. Klep  
Prof. dr. B. Zwanenburg

Uitgegeven en gedistribueerd door:

Delftse Universitaire Pers  
Stevinweg 1  
2628 CN Delft  
telefoon: 015-783254  
telefax: 015-781661

Foto omslag: *Een omstreeks 1840 gebouwd laboratorium van de Weense polytechnische school [zie afb. 21] (Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Wien).*

CIP-GEGEVENS KONINKLIJKE BIBLIOTHEEK, DEN HAAG

Homburg, Ernst

Van beroep 'Chemiker': de opkomst van de industriële chemicus en het polytechnische onderwijs in Duitsland (1790-1850) / Ernst Homburg. - Delft: Delftse Universitaire Pers. - Ill. - Met bibliogr., lit. opg., reg. - With summary in English.

ISBN 90-6275-841-X

NUGI 813

Trefw.: chemie; technisch onderwijs; Duitsland; geschiedenis; 18de eeuw; 19de eeuw.

© 1993 by Ernst Homburg

*All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in retrieval systems, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording, or otherwise, without written permission from the publisher.*

Er is naar gestreefd de auteursrechten op de afbeeldingen volgens de wettelijke bepalingen te regelen.



# INHOUDSOPGAVE

## WOORD VOORAF 9

### HET ONTSTAAN VAN HET BEROEP VAN CHEMICUS EN HET POLYTECHNISCHE ONDERWIJS 11

- 1.1 Beroepen en professies 15
- 1.2 Het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland: de stand van het onderzoek 27
- 1.3 De polytechnische chemici: de opzet van het boek 39

### DEEL I: CHEMICI EN HET TECHNISCH-CHEMISCHE ONDERWIJS TOT DE OPRICHTING VAN DE EERSTE DUITSE POLYTECHNISCHE SCHOLEN

#### CHYMICI, CHYMISTEN EN SCHEIDEKÜNSTLER. DE CHEMIE EN HAAR BEOEFENAREN TOT HET EINDE VAN DE ACHTTIENDE EEUW 51

- 2.1 De veranderende inhoud van het begrip 'chemie' 52
- 2.2 Van 'Alchimist' en 'Chimicus' tot 'Chemiker': de evolutie van de schrijfwijze van de Duitstalige terminologie rond de chemie 68
- 2.3 Chemisten, Chemiker, Scheidekünstler en Laboranten aan het einde van de 18de eeuw: het ontstaan van een nieuw beroep? 77

#### DE OPKOMST VAN HET TECHNISCH-CHEMISCHE ONDERWIJS IN HET TIJDPERK VAN DE VERLICHTING 83

- 3.1 Chemisch onderwijs voor de elite: staatsbeambten, grondbezitters en geleerde 'Technologen' 86
- 3.2 Chemisch onderwijs aan de burgerij: ambachtslieden en fabrikanten 100
- 3.3 De (mislukte) emancipatie van de burgerij: opkomst en ondergang van het niet-standsgebonden onderwijs (1790-1815) 113
- 3.4 Conclusie 127

## DE INVOED VAN DE *ÉCOLE POLYTECHNIQUE* OP DE ONTWIKKELING VAN HET CHEMISCHE EN HET POLYTECHNISCH ODERWIJS (1794-1830) 131

- 4.1 Het karakter van het chemische onderwijs aan de *École polytechnique* in de eerste jaren na de oprichting (1794-1796) 133
- 4.2 De reorganisaties van de *École polytechnique* en de gevolgen voor het chemisch onderwijs (1796-1830) 141
- 4.3 De *École polytechnique* als opleiding voor chemici 150
- 4.4 De *École polytechnique* als 'model' voor het Duitse polytechnische onderwijs 153

## DEEL II: HET ONTSTAAN VAN SPECIALE OPLEIDINGEN VOOR CHEMICI AAN DE DUITSE POLYTECHNISCHE SCHOLEN

### J.J. PRECHTL EN HET CHEMISCHE ONDERWIJS AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOOL TE WENEN (1815-1830) 161

- 5.1 De oprichting van het Weense polytechnische instituut 164
- 5.2 Prechtl's synthese: de algemene en de speciale technische chemie als de twee pijlers van het chemische onderwijs 167
- 5.3 De strijd tussen Prechtl en Meissner over de plaats en inhoud van de 'speciale technische chemie' 175
- 5.4 De 'chemie-studenten' 182
- 5.5 De betekenis van Prechtl 187

### AMBACHTSLIEDEN, FABRIKANTEN EN INGENIEURS: HET POLYTECHNISCHE CHEMISCHE ONDERWIJS VOOR 1830 189

- 6.1 De eerste polytechnische scholen 192
- 6.2 De 'doelgroepen' van het (chemische) onderwijs 199
- 6.3 De chemiedocenten 203
- 6.4 Het scheikunde-onderwijs 210
- 6.5 De vroege polytechnische scholen: opleidingsinstituten voor chemici? 218

### DE POLYTECHNISCHE SCHOLEN EN DE JULIREVOLUTIE VAN 1830: DE OPKOMST VAN DE 'HOGERE TECHNICUS' 223

- 7.1 Het ontstaan van aparte scholen voor 'hogere' en 'lagere technici' 228
- 7.2 De opkomst van de 'hogere technicus' 246

**DE OPKOMST VAN DE ANALYTISCHE CHEMIE EN HAAR GEVOLGEN VOOR HET ONDERWIJS EN HET ONTSTAAN VAN HET BEROEP VAN CHEMICUS (1780-1840) 253**

- 8.1 Van oven naar reageerbuis: een revolutie in het laboratorium (1780-1840) 255
- 8.2 Laboratorium en fabriek: de scheiding tussen chemie en ambacht 260
- 8.3 De opkomst van het onderwijs in de analytische chemie 263
- 8.4 Het ontstaan van een nieuw beroep? 273
- 8.5 De tweede generatie chemiedocenten in het polytechnische onderwijs 275
- 8.6 De industriële analyse 279

**HET ONTSTAAN VAN OPLEIDINGEN VOOR CHEMICI AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOLEN, 1830-1850 287**

- 9.1 Het polytechnische scheikunde onderwijs omstreeks 1830 292
- 9.2 De eerste aanzetten tot het ontstaan van een chemische studierichting 296
- 9.3 De spoorwegaanleg: een locomotief voor de professionalisering van de hogere technische beroepen 302
- 9.4 Het onderwijs in de analytische chemie vóór ongeveer 1845 en de taakopvatting van de chemiedocenten 313
- 9.5 Liebigs campagne voor de emancipatie van de chemie, in het spanningsveld tussen universiteit en polytechnische school 319
- 9.6 Het Oostenrijkse antwoord op Liebigs kritiek 328
- 9.7 Het ontstaan van speciale opleidingen voor chemici 334

**SLOTBESCHOUWING 341**

- 10.1 De chemische beroepsgroep na 1850 342
- 10.2 Functies voor chemici 350
- 10.3 Het ontstaan van de opleiding tot technisch-chemicus aan de Duitse polytechnische scholen 360

**BIJLAGEN:**

- A. De terminologie en schrijfwijze met betrekking tot de begrippen 'Chemie', 'Alchemie' en 'Chemiker' in het Duitse taalgebied tot ongeveer 1800 377
- B. Aantallen studenten aan de Oostenrijkse, Duitse en Zwitserse polytechnische scholen, 1806-1881 (alle studierichtingen) 382
- C. Aantallen studenten die zich voorbereidden op 'chemische beroepen' (later chemie-studenten), aan de Oostenrijkse, Duitse en Zwitserse polytechnische scholen, 1815-1881 389
- D. De Duitstalige polytechnische scholen en de daaraan verbonden chemiedocenten tot ongeveer 1870 398
- E. Oprichtingspogingen van polytechnische scholen 421
- F. De vooropleiding en beroepservaring van de polytechnische chemiedocenten (1803-1851) 424

NOTEN 435

LITERATUURLUST 515

Gedrukte bronnen en contemporaine literatuur 515

Secundaire literatuur 523

SUMMARY 563

REGISTER VAN PERSONEN 571

REGISTER VAN PLAATSNAMEN 579

CURRICULUM VITAE 583



## WOORD VOORAF

Historisch onderzoek op het gebied van 'wetenschap en samenleving' kan een bijdrage leveren tot een beter inzicht in de relaties tussen wetenschap en maatschappij, onder andere doordat het laat zien hoe onze huidige wetenschappelijk-technische maatschappij tot stand gekomen is. In dit proefschrift kijk ik, aansluiting zoekend bij de 'social history of science', in het bijzonder naar de relaties tussen de institutionele kanten van de wetenschapsbeoefening en bredere maatschappelijke ontwikkelingen. Mijn speciale interesse voor de chemiebeoefening in Duitsland is ontstaan toen ik mij, nu jaren geleden, met mijn collega's Willem Hornix, Henk van den Belt, Peter Kroes en Bart Gremmen boog over de ontwikkeling van de kleurstofindustrie, 'een case-study over de maatschappelijke factoren die de natuurwetenschappen bepalen, over de technologisch-wetenschappelijke factor in de industriële ontwikkeling en over de maatschappelijke rol van de natuurwetenschappelijke onderzoeker'.

Een van de uitkomsten van dat project was een studie over 'de inschakeling van chemici in de kleurstofindustrie' waarin ik het succes van de Duitse science-based chemische industrie ten opzichte van zijn Franse en Britse concurrenten analyseerde vanuit de verschillen die er tussen die drie landen bestonden wat betreft de arbeidsmarkt voor chemici. Daarbij bleek dat het veel te simplistisch was om het aanbod en de vraag naar chemici alleen in kwantitatieve termen te bestuderen. Onder een 'chemicus' kon in Engeland een geheel andere figuur verstaan worden dan in Duitsland. De vraag hoe de groep van chemici in die verschillende landen gekarakteriseerd zou dienen te worden bleek gemakkelijker gesteld dan beantwoord. Zelfs voor de Duitse situatie, waarover toch een niet onaanzienlijk aantal historische studies zijn verschenen, bleken essentiële vragen met betrekking tot de tijd waarin het beroep van chemicus zou zijn ontstaan, de aard en samenstelling van de beroepsgroep en hun drijfveren en verwachtingen op basis van de bestaande literatuur niet te beantwoorden. Met dit boek heb ik getracht in die lacune te voorzien. Tevens beoog ik echter een breder perspectief te openen op het onderzoek naar het ontstaan van nieuwe beroepen - een thema dat in de sociologische en historische literatuur nog niet de aandacht kreeg die het verdient.

Velen hebben de afgelopen jaren een rol gespeeld in de uitvoering en voltooiing van mijn onderzoek. Het doet me veel genoegen dat het gereedkomen van dit proefschrift me een gelegenheid biedt verschillenden van hen hier met name te noemen. Willem Hornix was de geestelijke vader van het project waaruit dit proefschrift is voortgekomen. Hij heeft me meer geleerd dan hij wellicht zelf beseft. In ieder geval bracht hij me de voor een chemicus niet vanzelfsprekende

gewoonte bij originele bronnen ter hand te nemen. Bovendien kon ik steeds gebruik maken van zijn rijk voorziene bibliotheek. Henk van den Belt en Arie Rip vormden vanaf het begin van het kleurstofproject een goed tegenwicht voor mijn neiging vooral aandacht aan het verzamelen van gegevens te besteden. Discussies met hen stimuleerden tot het ontwikkelen van vraagstellingen en leerden me de wetenschapsbeoefening door een sociologische bril te bezien. Ook in de afronding van dit proefschrift zijn beiden me tot grote steun geweest. Arie Rip las het hele manuscript, leverde zowel op hoofdlijnen als in de details zeer nuttig commentaar en stimuleerde me hoofdstuk 1 te herschrijven. Henk van den Belt nam in de eindfase een last van me af door de samenvatting te vertalen. Paul Klep wil ik bedanken voor zijn onvoorwaardelijke steun gedurende een groot aantal jaren. Als ik hem nodig had was hij steeds paraat. Zijn eis een boek te schrijven en niet een bundel artikelen heeft een meerwaarde gehad die ik, achteraf, terdege beseft. Fred Dijks las het gehele manuscript en stelde vele stilistische verbeteringen voor. Dat ik ze niet alle gevolgd heb zegt meer over mijn beperkingen en over de tijd die nog beschikbaar was dan over de kwaliteit van zijn raadgevingen. Een cruciale rol in de totstandkoming van dit proefschrift heeft Harry Lintsen gespeeld. Hij heeft me drie jaar geleden over een dood punt heen geholpen, me aangespoord tekst te produceren en me vervolgens geholpen niet nog meer hooi op mijn vork te nemen dan ik reeds deed. Zonder zijn vriendschappelijke en vasthoudende coaching zou dit proefschrift niet voor u liggen, in ieder geval niet in deze vorm en op dit moment.

Aan het verzamelen van grote hoeveelheden biografische gegevens hebben in de loop der jaren verschillende studentassistenten meegewerkt: Erik Brouwer, Willibrord Rutten, Robert Wiggers en tot slot Esther Jacobs, die het onderzoek deed waarop de bijlagen D en F zijn gebaseerd. Een woord van dank is ook op zijn plaats voor de medewerkers van de Nijmeegse Universiteitsbibliotheek en Faculteitsbibliotheek Natuurwetenschappen, die altijd behulpzaam waren, voor de Commissie Wetenschap & Samenleving van de KU Nijmegen, die de eerste fase van het onderzoek financierde, en voor de discipline scheikunde van de KU Nijmegen en de sectie techniekgeschiedenis van de TU Eindhoven, die in een latere fase de materiële randvoorwaarden schiepen waardoor dit boek kon worden afgerond. Grote dank gaat ook uit naar Hans Veldman. Met een ongelooflijke inzet heeft hij de produktie van een camera-ready versie van het boek ter hand genomen, daarbij uit Word Perfect halend wat erin zat. De klus was omvangrijker dan we van te voren hebben voorzien. Ik ben hem daarom extra dankbaar dat hij het werk tot zo'n goed einde heeft gebracht.

Marijke Ruiter, tenslotte, is de enige geweest die in alle fasen van het schrijven van dit proefschrift in de nabijheid was. Soms was dat voor haar geen onverdeeld genoegen. Desondanks corrigeerde ze in de slotfase de gehele tekst op type- en spelfouten. Er valt samen heel wat te vieren.

Elst, oktober 1992

## HET ONTSTAAN VAN HET BEROEP VAN CHEMICUS EN HET POLYTECHNISCHE ONDERWIJS

Tussen 1850 en 1870 steeg het aantal chemie-studenten in Duitsland, Oostenrijk en Zwitserland tot voordien ongekennde hoogten. Aan verschillende universiteiten en polytechnische scholen schreven zich - per instelling - tientallen studenten in als student 'Chemie' of 'technische Chemie'. Laboratoria raakten overvol en de verantwoordelijke hoogleraren-directeur moesten studenten de deur wijzen.<sup>1</sup> Nieuwe laboratoria werden gebouwd. In de jaren vlak voor 1870 werd het de Europese politici en wetenschapsmensen duidelijk dat Duitsland de leidende positie op chemisch gebied van Frankrijk ging overnemen. Diepe indruk maakten de grote, paleisachtige laboratoria die de Pruisische en Saksische regeringen toen in Bonn, Berlijn en Leipzig lieten bouwen. Zowel de Britse als de Franse regering lieten zich uitvoerig over de bouw van deze laboratoria informeren.<sup>2</sup> Voorzien van alle hulpmiddelen, licht en ruim, boden deze laboratoria elk de mogelijkheid tot praktische scholing van 60 tot 100 studenten. Noch in Engeland, noch in Frankrijk hadden deze instellingen hun gelijke. Volgens de Franse rapporteur Adolphe Wurtz, zelf een internationaal vooraanstaand chemicus, betekende de bouw van deze laboratoria 'une nouvelle phase dans l'histoire de ce genre d'établissements scientifiques'.<sup>3</sup> Frankrijk mocht niet achterblijven, meende hij, in deze 'luttres pacifiques où les nations se mesurent sans être ennemies...'.<sup>4</sup>

Buiten de grote laboratoria in Berlijn, Bonn en Leipzig bezat Duitsland omstreeks 1870 nog minstens twintig andere universitaire en polytechnische laboratoria, die weliswaar kleiner waren, maar elk toch plaats boden voor het praktisch onderwijs aan 20 of meer studenten. 'Ein ganzes Heer von Chemikern', schreef Friedrich Schödler in 1875, beoefende 'darin mit rastloser Geschäftigkeit ihr Fach ... So viel Dutzende früher, so viel Hunderte jetzt'.<sup>5</sup>

Er was echter meer aan de hand dan een proces van kwantitatieve groei alleen. Nog geen dertig jaar voordat hij deze zinnen schreef, publiceerde dezelfde Friedrich Schödler een grondige inventarisatie van de stand van zaken in het Duitse en Oostenrijkse polytechnische onderwijs. In dat boek uit 1847 was nog in het geheel geen sprake van chemie-studenten, nog vrijwel niet van speciale curricula voor 'chemische beroepen' als die van farmaceut, metallurg en 'chemisch fabrikant', en slechts tweemaal van de term 'chemische Techniker'.<sup>6</sup> Enige brochures die tussen 1857 en 1868 verschenen om de grote stroom chemie-studenten van advies te dienen, geven reeds een geheel ander beeld. Uitdrukkin-

gen als 'Chemiker', 'technische Chemiker', 'Chemiker von Fach' en 'Chemie als Lebensberuf' en beschouwingen over een 'Fachstudium' of 'Ausbildung' tot chemicus waren daarin niet van de lucht.<sup>7</sup> Heinrich L. Buff schreef in 1866 expliciet dat hij de 'Wahl des Berufes' voor toekomstige chemici in goede banen wilde leiden omdat er in Duitsland inmiddels sprake was van een 'scheinbare Ueberfüllung des Arbeitsmarktes mit Chemikern'.<sup>8</sup> Enige jaren eerder had Friedrich Wöhler zich in een brief aan Liebig reeds afgevraagd wat er 'aus all denen werden (soll), die jetzt Chemie treiben'.<sup>9</sup> Door het ontstaan van een arbeidsmarkt en de doorbreking van het oude patroon waarin beroepen van vader op zoon binnen families bleven, was het evenwicht tussen vraag en aanbod fors verstoord geraakt.

Het fenomeen van een arbeidsmarkt voor chemici was in de tijd van Buff een betrekkelijk recent verschijnsel. De inhoud van het boek van Schödler uit 1847 vormt hiervoor reeds een aanwijzing, maar een nog duidelijker perspectief op de veranderingen die hadden plaatsgevonden krijgen we als we nog verder teruggaan in de tijd. Aan het begin van de negentiende eeuw bestond er helemaal geen beroep van chemicus, in de zin dat er een groep van personen was met een grondige scholing in de chemie die op een arbeidsmarkt dongen naar een groot aantal verschillende functies aan de universiteiten, in het middelbare onderwijs en in de industrie. Er waren wel enige chemische functies, zoals het hoogleraarschap in de chemie aan een universiteit, of aan de chemie gerelateerde beroepen in de nijverheid (als verver, bierbrouwer, aluinmaker en sterkwaterstoker), maar de rekrutering voor deze beroepen was een volstrekt gecompartmentaliseerde zaak. Scholing en beroepsuitoefening sloten nauw op elkaar aan. Zoons van zwavelzuur- of loodwitfabrikanten volgden na, of parallel aan, hun scholing in de praktijk soms chemische cursussen op een polytechnische school, maar zorgden er wel voor om alleen die zaken te bestuderen die nauw bij hun toekomstige vak aansloten. Aanstaaende leraren in de chemie volgden een geheel andere opleidingsroute. Deze scheiding van opleidingsroutes was na 1850 grotendeels verdwenen.

De schok die deze revolutie teweeg bracht wordt fraai geïllustreerd door de opvattingen van Buff. Deze vond, in het licht van het grote aantal chemici dat van de universiteiten en polytechnische scholen kwam, het ontstaan van een algemene arbeidsmarkt voor chemici helemaal niet zo'n gunstige ontwikkeling. 'Den meisten zukünftigen technischen Chemikern schwebt nur ein unbestimmtes und allgemeines Bild ihres späteren Berufes vor', hetgeen een handicap was, zo was zijn diagnose, bij het solliciteren naar een functie in de industrie. Het zou daarom beter zijn als de toekomstige chemicus eerst enige jaren in de industrie zou werken voordat hij zich op een, liefst zeer beroepsgerichte, chemische studie werpen zou.<sup>10</sup> Deze conservatieve reactie op het ontstaan van een arbeidsmarkt voor (technische) chemici - en daarmee in feite op het nieuwe beroep als zodanig - sorteerde geen effect. De loskoppeling van de opleiding van de specifieke uitgeoefende chemische functies bleef tot op de dag van vandaag bestaan.

Het ontstaan van het beroep van de industriële, of technisch, chemicus, in Duitsland is het thema van dit boek. Daarbij zal met name aandacht geschonken



worden aan de opkomst van de polytechnische scholen in het Duitse taalgebied en aan de rol die deze scholen speelden in het creëren van een beroepsgroep van technische chemici - weldra verbreed tot een beroepsgroep van chemici zonder meer. Waarom ik voor deze onderzoeksstrategie gekozen heb om het ontstaansproces van dit nieuwe beroep te traceren zal in dit hoofdstuk worden uiteengezet.

Bij het ontstaan van een nieuw beroep gaat het in veel gevallen niet slechts om het ontstaan van nieuwe arbeidstaken binnen een bepaalde maatschappelijke sector, maar om een veel breder proces waarbij de gehele maatschappelijke arbeidsdeling betrokken is. Binnen de arbeidsorganisatie, binnen het onderwijs en op de arbeidsmarkt die onderwijs en arbeid verbindt, worden de demarcaties geconstrueerd die het nieuwe beroep van de reeds bestaande beroepen en van andere nieuwe beroepen afgrenzen. Uit de volgende hoofdstukken zal blijken dat in het geval van het beroep van chemicus het industrialisatieproces een rol speelde, maar ook brede maatschappelijke processen van sociale en politieke aard. Daarnaast waren de evolutie van de chemie als wetenschapsgebied en de ontwikkeling van het universitaire en het technische onderwijs van groot belang. De onderzoeker die het ontstaan van een nieuw wetenschappelijk beroep onderzoekt bevindt zich zodoende op een snijpunt van de economische-, de sociale-, de wetenschaps- en de onderwijsgeschiedenis. Dat is geen voordeel. Om veelvormige processen als het ontstaan van nieuwe beroepen te onderzoeken is het zowel vanwege het verzamelen van de bronnen als met het oog op de interpretatie ervan, van belang een duidelijke focus te kiezen.

Bij de keuze van een onderzoeksstrategie bieden de zogenaamde professionaliseringsstudies weinig houvast. Veel historisch professionaliseringsonderzoek, zo zal in de volgende paragraaf nader worden uitgewerkt, kiest zijn startpunt bij een reeds bestaand beroep ('occupation') en onderzoekt de wijze waarop dit beroep meer en meer het karakter en de status van een academisch beroep of professie kreeg (zoals in het geval van de apotheker). Bij het ontstaan van het beroep van (technisch) chemicus was er echter geen reeds bestaand niet-academisch beroep van industriechemicus dat professionaliseerde tot een wetenschappelijk beroep. Het belang van het onderzoek dat in dit boek wordt gepresenteerd schuilt dan ook niet in de laatste plaats in de poging die ondernomen wordt om de beperkingen van het traditionele professionaliseringsonderzoek te overwinnen. Mijn onderzoeksstrategie is daarbij geweest de institutionele ontwikkeling van het onderwijsstelsel tot richtsnoer te nemen. Dit boek is één van de eerste exercities op dat terrein en het laat zich - naast het concrete verhaal op het gebied van de chemie - tevens lezen als een verslag van de voor- en nadelen van de methode om zo het ontstaan van nieuwe beroepen te traceren.

Vanuit de wetenschap, of het universiteitssysteem, gezien ging het bij de opkomst van de industriechemicus werkelijk om de creatie van een nieuw beroep. De chemie was niet meer louter een hulpwetenschap voor de wetenschappelijke scholing van andere beroepen (medicus, farmaceut, technoloog, landbouwkundige), maar werd zelf tot 'Fachwissenschaft', gericht op het opleiden van 'Chemiker'. Vanuit de techniek en de industrie gezien ging het gedeeltelijk om het

ontstaan van nieuwe functies en taakinhouden, zoals in het geval van de industriële analytische chemici ('Analytiker'), maar ook om exclusie- en distantieprocessen waarin bestaande beroepen als brouwmeesters, ververs, arcanisten (in de porceleinfabricage) en 'Salpeterer' uit hun posities als bedrijfsleiders verdrongen werden door de nieuwe 'allseitig ausgebildeter' technische chemicus. Aan deze technisch-industriële zijde van de maatschappelijke constructie van het beroep van chemicus is in de literatuur nog nauwelijks aandacht besteed (zie § 1.2). Toch vallen het ontstaan van het beroep van chemicus en de maatschappelijke positie die dit beroep in Duitsland innam, zo zal ik in dit boek laten zien, niet goed te begrijpen als men alleen naar de universitaire ontwikkelingen kijkt.

Een van de mogelijkheden om de lacunes in het bestaande onderzoek op te vullen zou een onderzoek naar het Duitse industrialisatieproces en in het bijzonder naar de ontwikkelingen binnen de chemische industrie - en de aan de chemie gerelateerde nijverheid - zijn geweest. Wie zich realiseert hoe heteroog en breed geschakeerd de chemische nijverheid is en hoe weinig historisch voorwerk er verricht is op het gebied van de arbeidssituatie binnen de vele Duitse chemische bedrijfstakken, begrijpt wat de historicus die dit wil gaan ondernemen zich op de hals haalt.<sup>11</sup> Bovendien, zo was mijn overweging, gaat het bij het ontstaan van het beroep van de (industriële) chemicus niet om het ontstaan van functies binnen bepaalde specifieke deelterreinen van de chemische industrie, maar om een omvattend proces dat alle terreinen van de chemische nijverheid raakte. Als de gemeenschappelijke factor in dit proces dient zich, zo zal ik in de volgende paragrafen aangeven, vooral de evolutie van het onderwijsstelsel aan.

Vernieuwing van het onderwijs werd nagestreefd door maatschappijhervormers die bezielde waren om kennis te verbreiden onder brede lagen van de bevolking, door overheden die bezorgd waren over de concurrentiekracht van de nationale industrie en door beroepsgroepen die steeften naar erkenning en macht en die hiertoe een verhoging van het niveau van het beroepsvoorbereidende onderwijs als hefboom hanteerden. Het resultaat van deze verschillende invloeden was het ontstaan van een schoolsysteem dat een hoeveelheid opgeleiden afleverde die relatief onafhankelijk was van een specifieke vraag. Op het gebied van de nijverheid waren in het Duitse taalgebied in dit verband vooral de polytechnische scholen van belang. Als uitvloeisel van de onderwijspolitieke hervormingen tijdens de Napoleontische periode en in reactie op de economische dreiging die na 1815 uitging van de Engelse industrie, werden er tussen 1815 en 1830 in de meeste grote Duitse staten polytechnische scholen opgericht. Deze instituten hadden vooral tot doel de wetenschappelijke en technische scholing van de ambachtslieden en fabrikanten op een hoger plan te brengen. Daarnaast waren ze in enkele gevallen voor verschillende soorten staatstechnici (ingenieurs, mijnbouwkundigen) bestemd. De hierboven genoemde 'chemische beroepen' als de verver, de bierbrouwer en de loodwitmaker hoorden tot de doelgroepen van het polytechnische onderwijs. Voor de universiteiten was dit, in hoofdzaak, niet het geval. De institutionele koppeling die er bestond tussen de polytechnische scholen en arbeidsdeling in de nijverheid - zonder daarmee te beweren dat deze koppeling

rigide en deterministisch was - maakt de geschiedenis van het polytechnische onderwijs bij uitstek geschikt om het ontstaan van het beroep van technisch chemicus in zijn verhouding tot de bestaande chemische beroepen in de nijverheid op het spoor te komen. Het is om die reden dat de polytechnische scholen als terrein van onderzoek zijn geselecteerd.

Tussen 1830 en 1850 maakten de polytechnische scholen grote veranderingen door. Zowel hun plaats binnen het totale onderwijsstelsel, als de inhoud en het niveau van het aan die scholen gegeven onderwijs veranderden. Voor onderwijs gericht op de traditionele ambachten en bedrijfstakken kwam een disciplinaire organisatie van het onderwijs in de plaats, met aparte afdelingen voor 'Mechaniker', 'technische Chemiker' en '(Bau)ingenieure'. De analyse van dat transformatieproces maakt de kern van dit boek uit. Mijn stelling dat daarmee ook een beter inzicht in het ontstaan van het beroep van technisch chemicus verkregen kan worden, zal ik in de volgende paragrafen beargumenteren. De inhoudelijke balans zal in het slothoofdstuk worden opgemaakt.

## 1.1 Beroepen en professies

Onderzoek naar de ontwikkeling van beroepen heeft binnen de geschiedwetenschap minder aandacht gekregen dan binnen de sociologie. Voor een onderzoek naar de ontstaansgeschiedenis van het beroep van chemicus zijn er twee sociologische onderzoekstradities die nadere bestudering verdienen. De Engels-Amerikaanse 'sociology of professions' is van belang omdat er binnen die traditie in het bijzonder gekeken wordt naar de ontwikkeling van de academische beroepen. Dat lijkt goed aan te sluiten bij een studie naar het ontstaan van het beroep van chemicus. Daar tegenover staat echter dat - zoals in de inleiding is aangegeven - het bestaan van een beroep binnen deze onderzoekstraditie doorgaans als een gegeven wordt beschouwd. De continentale, vooral Duitse, beroepensociologie kent deze restrictie niet. Binnen de Duitse beroepensociologie is het ontstaan van beroepen expliciet gethematiseerd. Beide tradities zullen in deze paragraaf behandeld worden.

### *Beroepen*

Volgens het woordenboek is een beroep een maatschappelijke werkring waarvoor men de vereiste bekwaamheid en/of bevoegdheid heeft verkregen. Deze omschrijving bevat twee elementen die men in vrijwel iedere sociologische beroepsdefinitie kan terugvinden: de 'werkring' en de, al dan niet via onderwijs verkregen, 'bekwaamheid'. Tot ongeveer 20 à 30 jaar geleden werd er in de beroepensociologische literatuur uitgegaan van het primaat van de werkring. Tussen de taken die verricht moesten worden en de kwalificaties die daarvoor nodig waren veronder-

stelde men een betrekkelijk eenduidig verband. De beroepensociologen identificeerden beroepen grotendeels met het uitoefenen van bepaalde werkzaamheden, met de daarmee verbonden plaats in het arbeidsbestel en de hiermee samenhangende carrièremogelijkheden, arbeidsmoraal en sociale status.<sup>12</sup> Model voor het begrip 'beroep' stonden in feite de traditionele ambachten (als bakkers, timmerlieden en dergelijke) waarvan het beroep in een grote mate door de werkzaamheden die verricht worden (brood bakken, timmeren) kan worden getypeerd. Deze kijk op beroepen is echter niet van toepassing op een groot aantal beroepen in de huidige maatschappij. Economen, chemici en ingenieurs bijvoorbeeld, komen na de voltooiing van hun opleiding in een groot aantal zeer uiteenlopende functies terecht. Chemici kunnen in een researchlaboratorium werkzaam zijn, als leraar voor de klas staan, zich bezig houden met het ontwerpen van installaties en fabrieken, of een managementfunctie bekleden en de lijst van mogelijkheden is hiermee nog niet uitgeput. Kenmerkend voor deze, wat men in de beroepensociologische literatuur noemt, 'moderne beroepen' is primair de opleiding die de beroepsbeoefenaar genoten heeft. De groeiende werkloosheid in de jaren '70 is de aanleiding geweest tot een grote hoeveelheid theoretisch en empirisch beroepensociologisch onderzoek naar de relatie tussen beroepskwalificaties en arbeidstaken, naar de verhouding tussen het onderwijsstelsel en de behoeftestructuur van de industrie en naar de werking van de arbeidsmarkt. In dit onderzoek nam men steeds sterker afstand van het begrippenapparaat van de klassieke beroepensociologie waaraan een pre-industriële notie van het begrip beroep ten grondslag lag. In de recente literatuur worden beroepen in essentie aan de aanbodzijde van de arbeidsmarkt gesitueerd (dat wil zeggen aan de kant van het arbeidsaanbod) en maakt men een streng onderscheid tussen het beroep en de functie ('beroepspositie') die binnen de arbeidsorganisatie wordt bekleed. Bij de oude ambachten vallen beroep en functie in feite samen, maar voor vele andere - 'moderne' - beroepen is dat zeker niet het geval.<sup>13</sup>

De relatie tussen een beroep en de daaraan gerelateerde functies is verre van eenduidig. In sommige gevallen zal een verandering van taken en daardoor van functies, de impuls kunnen geven tot de vorming van een nieuw beroep (bijvoorbeeld wanneer een rosmolen door een stoommachine vervangen wordt en de machinist de plaats gaat innemen van de drijver), in andere gevallen blijken beroepen relatief stabiele fenomenen, die betrekkelijk onafhankelijk blijken te zijn ten opzichte van veranderingen in de werkzaamheden- en takenstructuur. Beck en Brater zien beroepen dan ook niet primair door de feitelijk verrichte werkzaamheden ('Tätigkeit') gedefinieerd, maar door het arbeidsvermogen ('Fähigkeit') waarover de leden van een beroepsgroep beschikken. Daarbij gaat het niet om individuele vermogens, maar om maatschappelijk genormeerde en geïnstitutionaliseerde 'bundels van vaardigheden'. Deze vinden uiteraard in de vaardigheden van concrete personen hun uitdrukking, maar hebben een structureel, boven-individeel, karakter. Dit blijkt ondermeer uit de afhankelijkheid van beroepsdomeinen van de aard van het onderwijsstelsel en van de maatschappelijke arbeidsdeling als geheel. Beroepen zijn, in het Duitse (marxistische) sociologenjargon van Beck en Brater,



vanuit maatschappelijk perspectief 'relativ tätigkeitsunabhängige, gleichwohl tätigkeitsbezogene Zusammensetzungen und Abgrenzungen von spezialisierten, standardisierten und institutionell fixierten Mustern von Arbeitskraft', en vanuit individueel perspectief 'komplexe, institutionalisierte Bündelungen der marktrelevanten Arbeitsfähigkeiten von Personen'.<sup>14</sup>

Met behulp van deze uiteenzetting over het beroepsbegrip is het mogelijk het thema van mijn boek scherper aan te geven. Centraal staat de vraag naar het ontstaan van het 'moderne' beroep van chemicus, dat primair op basis van de, al dan niet via het onderwijs verkregen, vaardigheden van de chemicus kan worden gedefinieerd. Dit maakt begrijpelijk dat de geschiedenis van de opleidingen waarin de arbeidsvaardigheden verworven konden worden, veel aandacht krijgt in mijn reconstructie van het beroepsvormingsproces. De vraag hoe binnen een veelheid aan arbeidsorganisaties zich de chemische functies in de loop der tijd ontwikkeld hebben komt daarentegen nauwelijks aan bod. Niet dat de maatschappelijke vraag naar arbeid op zich onbelangrijk zou zijn in het beroepsvormingproces, maar - zo leert bovenstaande analyse - de vraag hoe er een deze verschillende arbeidsorganisaties overstijgend beroep van chemicus tot stand kwam, kan en moet gesteld worden onafhankelijk van de vraag naar de specifieke taakstructuur van de chemische functies. Beroepsvorming is een maatschappelijk proces dat zich in beginsel niet binnen specifieke organisaties afspeelt, maar op het niveau van de maatschappelijke arbeidsdeling als geheel.<sup>15</sup>

Dat vaardigheden en de verwerving ervan de kern van het beroepsbegrip uitmaken wil niet zeggen dat de totstandkoming van nieuwe beroepen op een simpele, lineaire, wijze door de ontwikkeling van de opleidingspatronen - laat staan door de ontwikkeling van het in schoolverband gegeven onderwijs - wordt gedetermineerd. De ontwikkeling van het onderwijsstelsel is belangrijk, maar hoe groot de effecten ervan op de beroepsvorming zijn geweest is een empirische kwestie. In het geval van de werktuigkundige ingenieurs bijvoorbeeld, hebben Scholl en Gispén laten zien dat de beroepsgemeenschap lange tijd uit twee segmenten bestond. De termen 'Mechaniker' en 'Ingenieur' waren niet alleen beroepsnamen die men na een voltooide opleiding verkreeg, maar ook functies en rangen binnen de machine-industrie. Sommige werktuigkundigen klommen tot deze rangen op via een scholing in de praktijk (het zogenaamde 'shop'-segment), anderen bekleedden deze functies nadat ze een polytechnische school hadden bezocht (het 'school'-segment).<sup>16</sup>

Dit voorbeeld geeft aan dat een bestudering van de beroepsontwikkeling via een bestudering van de ontwikkeling van het onderwijsstelsel, hoe verhelderend deze op zich overigens is, aangevuld dient te worden met informatie over de arbeidssituatie. In de inleiding van dit hoofdstuk heb ik reeds aangegeven dat zo'n analyse binnen het bestek van dit proefschrift niet op een systematische wijze ondernomen is. Wel zal in de volgende hoofdstukken, op basis van secundaire literatuur, verschillende malen een 'peiling' verricht worden hoe het op een bepaald moment met de beroepssituatie op het gebied van de chemie was gesteld.<sup>17</sup> Beroepen en functies zijn daarbij voor de achttiende en de vroeg-

negentiende eeuw niet strikt onderscheiden omdat beide toen nog grotendeels samenvielen. Waar de term 'moderne chemicus' gebruikt wordt, doel ik wel expliciet op personen die aan universiteiten en polytechnische scholen een 'Fachstudium' in de chemie hadden voltooid.

### *Professies*

Tot de professies rekent men een beperkt aantal beroepen die bepaalde ideologische en institutionele trekken gemeen hebben. Tot deze gemeenschappelijke trekken horen in het bijzonder een (relatief) grote invloed en sociaal prestige, een langdurige abstracte en theoretische vooropleiding doorgaans afgesloten met een examen, een grote mate van plichtsbesef en een sterk gevoel van onderlinge saamhorigheid tussen de beroepsbeoefenaren.<sup>18</sup> Het begrip professie leeft sterk in de Angelsaksische wereld en de maatschappelijke rol en ontwikkeling van professies zijn daar door sociologen reeds decennia lang onderzocht. Een grote hoeveelheid literatuur bestaat er over de wetenschappelijk waarde van het begrip professie, over de ideologische lading ervan en over de toepasbaarheid van het begrip op de ontwikkelingen buiten Engeland en Amerika.<sup>19</sup> De traditionele 'sociology of professions' heeft daarbij fundamentele theoretische en historische kritiek te verduren gehad. Sommigen hebben daarin een reden gezien het begrip professie geheel overboord te gooien. Zelf stem ik in met de conclusie van McClelland dat het begrip professie, mits op een niet-mechanische en niet-normatieve wijze gebruikt, een nuttige rol kan vervullen in comparatief historisch onderzoek.<sup>20</sup> Recent historisch onderzoek bewijst dat.<sup>21</sup> Bovendien bevat de literatuur die over professionaliseringsprocessen is geschreven, ondanks de hieronder aan te geven beperkingen ervan, een hoeveelheid onderzoeksresultaten, inzichten en verklaringskaders waar ook degene die het ontstaan van een beroep wil onderzoeken zijn voordeel mee kan doen. Terwijl binnen de hierboven genoemde beroepsociologie vooral vraagstukken onderzocht zijn op het terrein van de beroepskwalificatie en de relatie van die kwalificatie met de te verrichten arbeidstaken, heeft men binnen het professionaliseringsonderzoek de aandacht vooral op het collectieve handelen van groepen beroepsbeoefenaren gericht. Beide sociologische onderzoekstradities vullen elkaar daarom eerder aan dan dat ze alternatieven voor elkaar vormen.<sup>22</sup>

Het is gebruikelijk een onderscheid te maken tussen de oorspronkelijke 'learned', of 'status', professies, als de geestelijkheid, de medische stand en de rechters, en de nieuwe 'modern', of 'occupational', professies, als de leraren, de architecten, de ingenieurs en de chemici. Net als bij het onderscheid tussen de traditionele en de moderne beroepen wordt de grens tussen traditioneel en modern bij de Industriële en de Franse Revoluties gelegd.<sup>23</sup> Geleerde professies zijn beroepen die reeds onder het *ancien régime* tot de geleerde stand behoorden en waarvoor, in Duitsland althans, ook toen al een universitaire studie vereist was. Hoge intellectuele eisen werden evenwel aan de student niet gesteld. Afkomst en patronage verzekerden de toegang tot het geleerde beroep. De moderne professies

ontstonden in de negentiende en de twintigste eeuw. Toegang tot het beroep moest verkregen worden via een gedegen technisch-wetenschappelijke opleiding, afgerond met een streng examen. Voor privileges op basis van afkomst kwamen, volgens Parsons, universele prestatiecriteria in de plaats.<sup>24</sup> Terwijl de traditionele professies vooral georganiseerd waren rond de vervulling van fundamentele maatschappelijke behoeften (gezondheid, recht, geestelijk heil), ontstond een aantal van de nieuwe professies op basis van de - daaraan voorafgaande - vorming van wetenschappelijke disciplines.<sup>25</sup>

Binnen het professionaliseringsonderzoek kan men minstens drie stromingen onderscheiden.<sup>26</sup> Tot ongeveer 1970 was binnen de sociologie, in het voetspoor van Parsons, met name de structureel-functionalistische theorievorming over de professies dominant. Professies werden binnen die benadering vooral begrepen vanuit hun rol binnen de maatschappelijke orde als geheel. Het waren beroepen die een publiek belang dienden, bij uitstek over de expertise beschikten om complexe vraagstukken op te lossen en waarvan de leden zich onderscheidden door hun altruïstische houding en hun hoge ethische standaarden. Volgens Parsons was er zodoende een fundamenteel verschil tussen de gewone beroepen gericht op het verdienen van een inkomen en geleid door economisch eigenbelang, en de professies waartoe de dienaren van de publieke zaak behoorden. Het onderzoek binnen deze structureel-functionalistische school, die tussen 1940 en 1975 het veld domineerde, richtte zich bijvoorbeeld op het opstellen van criteria waarmee professies van de gewone beroepen onderscheiden zouden kunnen worden en had een sterk a-historisch karakter. Met haar positieve beeld van de professies sloot deze benadering nauw aan bij de groepsideologie van de professies zelf. In de loop van de jaren '60 won een tweede theoretische benadering aan invloed, waarin de professies niet als toonbeelden van altruïsme maar als belangengroepen (en in dat opzicht niet anders dan de gewone beroepen) gezien werden. Deze conflict-sociologische- of proces-benadering ging gedeeltelijk terug op het werk van Carr-Saunders en Wilson dat reeds uit het Interbellum stamde. Terwijl Carr-Saunders en Wilson de moderne professies vooral zagen als belangengroepen die er naar streefden de status van de traditionele geleerde professies te bereiken, kwam in het werk van Johnson en, vooral, Sarfatti-Larson de nadruk te liggen op de wijzen waarop professies een monopolistische controle over bepaalde diensten en arbeidstaken trachtten te verwerven ten koste van andere beroepsgroepen.<sup>27</sup> Een derde benadering, die met name de laatste tien à twintig jaar in opmars is, is historisch en etnomethodologisch van aard. Via gedetailleerde studies van het gedrag van professionele groepen in bepaalde samenlevingen en historische periodes ('thick description') wordt getracht tot een beter begrip te komen van de historisch en cultureel variabele omstandigheden waaronder professies zich bepaalde posities kunnen verwerven. Er wordt daarbij niet bij voorbaat aangenomen dat professies uit zouden zijn op een statusverhoging naar het model van de 'learned professions', of naar vormen van monopolistische marktcontrole.

McClelland hanteert bijvoorbeeld in zijn recente historische onderzoek naar de ontwikkeling van een aantal professies in Duitsland tussen 1840 en 1940, de

structureel-functionalistische lijst van kenmerken van professies niet als een set van criteria waaraan professies zouden moeten voldoen, maar als een heuristisch hulpmiddel om een aantal dimensies van het handelen van de door hem onderzochte beroepsgroepen in kaart te brengen.<sup>28</sup> Op die wijze kan comparatief historisch onderzoek verricht worden naar de professionalisering van verschillende beroepsgroepen binnen een land, of vergelijkingen getrokken worden tussen de posities van een bepaalde beroepsgroep binnen verschillende landen. Zo is er de laatste jaren meer inzicht verkregen in de grote verschillen in maatschappelijk positie, gedrag en beroepsontwikkeling tussen de moderne academische beroepen (professies) in Engeland en Amerika aan de ene en Frankrijk en Duitsland aan de andere kant. Dat in de twee eerst genoemde landen de moderne professies zich gevormd zouden hebben door belangenbundeling op een vrije (arbeids)markt, terwijl in de laatste twee landen er door de staat een 'professionalisering van boven' zou zijn geïnduceerd moge inmiddels haast een sociologische en historische gemeenplaats zijn, de perioden waarin en de wijzen waarop zich deze processen hebben afgespeeld zijn pas de laatste jaren onderwerp van grondig historisch onderzoek geworden.<sup>29</sup>

Met name Gispens heeft de vele overeenkomsten tussen Parsons' visie op de professies en Max Webers ideeën over de bureaucratie op een systematische wijze geanalyseerd. Vanouds werden binnen de Angelsaksische sociologie 'professions' en 'bureaucracy' als elkaars tegenstellingen gezien.<sup>30</sup> De professionele organisaties - en Parsons en zijn volgelingen in hun kielzog - hebben in Engeland en Amerika immers altijd een grote nadruk op hun professionele autonomie gelegd en staatsinvloed altijd ver buiten de deur willen houden. In de praktijk evenwel komt er van deze geclaimde professionele autonomie maar bitter weinig terecht. Van de negen criteria voor een professie, die McClelland uit de literatuur heeft gestedilleerd, hoort autonomie, naast altruïsme en een hoog inkomen, tot die criteria waaraan ook vele Angelsaksische professies niet blijken te voldoen.<sup>31</sup> Op alle andere fronten (gespecialiseerde opleidingen van hoog niveau, diploma's en examens, gedragscode, (pretentie van) het dienen van het algemeen belang, hoge sociale status) zijn er grote overeenkomsten tussen de Angelsaksische professionals en de Franse en Duitse staatsbeambten. Er is echter niet alleen sprake van een formele analogie. In historisch opzicht kan men bureaucratisering en professionalisering als twee vergelijkbare strategieën zien waarmee de burgerlijke middenklasse in de negentiende eeuw het machtsmonopolie van de elite bevocht. Deze analogie tussen bureaucratisering en professionalisering is de laatste jaren met vrucht gebruikt in het - al dan niet comparatieve - historische onderzoek naar professionaliseringsprocessen.<sup>32</sup> Daarnaast heeft Kocka, als eerste, het model van Weber toegepast op de ontwikkeling van beroepsposities en functies binnen ondernemingen.<sup>33</sup>

Het is deze situering van professionaliseringsprocessen in bredere historische verbanden die het professionaliseringsonderzoek relevant maakt voor het thema van dit boek. Van een simpele directe toepassing van het begrip 'professionalisering' op het ontstaan van de 'Chemiker von Fach' kan geen sprake zijn. In de

inleiding van dit hoofdstuk heb ik reeds aangegeven dat het professionaliseringsonderzoek zich vrijwel geheel gericht heeft op de wijze waarop reeds bestaande beroepen professionaliseren en weinig aandacht besteedde aan de wijze waarop die beroepen zijn ontstaan. Het geven van een beschrijving en verklaring van de wijze waarop in Duitsland het beroep van technisch-chemicus ontstond is echter het hoofdthema van de hierna volgende hoofdstukken. Daarom zullen ook vele onderwerpen die in de 'sociology of professions' een grote rol spelen hier nauwelijks aan bod komen. Zaken als de vorming van professionele organisaties, de inhoud en functie van het beroepsethos, het geleidelijk opschroeven van de opleidings- en exameneisen nadat de beroepsgroep eenmaal is ontstaan, zullen alleen in het slothoofdstuk kort genoemd worden. De formatieve fase van het beroep staat in alle overige hoofdstukken centraal. De sociale mechanismen die in het hierboven behandelde onderzoek gepostuleerd zijn met betrekking tot beroepsontwikkelings- en professionaliseringsprocessen zijn echter ook voor de analyse van het ontstaan van nieuwe beroepen van belang.

### *Het ontstaan van nieuwe beroepen*

De verklaringen die er binnen de beroepensociologie en de 'sociology of professions' zijn opgesteld om het ontstaan van moderne beroepen en professies te verklaren kan men onderverdelen in actionistische en structuralistische verklaringen. In het eerste geval wordt een individu of een groep personen (actoren) tot startpunt van de analyse genomen en wordt onderzocht hoe deze voorhoede de vorming van een nieuwe beroepsgroep tot stand bracht. In het tweede geval wordt de verklaring gezocht in de effecten van brede maatschappelijke processen. Het ontstaan van de moderne beroepen en professies wordt dan gezien als een haast automatisch uitvloeisel van de modernisering: arbeidsdeling onder invloed van de industrialisatie, de opkomst van de wetenschap, de overgang van de standen- naar de prestatie maatschappij zouden tot het ontstaan van nieuwe beroepen geleid hebben. Regelmatig wordt ook een combinatie van beide verklaringstypen gehanteerd. Het ontstaan van de embryonale kern van de nieuwe beroepsgroep wordt dan uit structurele factoren verklaard, terwijl voor de verdere groei van het beroep en de versterking van de positie van de beroepsbeoefenaren een actionistische analyse wordt ondernomen.

De hierboven besproken procesbenadering van sociologen als Carr-Saunders en Wilson en Sarfatti-Larson is een duidelijk voorbeeld van een actionistische benadering. Centraal in de analyse staan de strategieën van beroepsgroepen om dezelfde hoge status te verkrijgen als de geleerde professies (Engeland, Amerika) of de staatsbeambten (Duitsland), of om het exclusieve monopolie op bepaalde diensten of arbeidstaken te krijgen. Bijna steeds wordt deze benadering toegepast op de professionalisering van bestaande beroepsgroepen. McClelland, bijvoorbeeld, start zijn analyse van de professionalisering van verschillende groepen academici en hogere technici in Duitsland steeds op het punt waarop die beroepen zich voor het eerst landelijk gingen organiseren, of onderwerp van belangrijke

wettelijke regelingen waren. Zijn analyse van de beroepsgroep van de artsen begint in de jaren 1820 en zijn analyse van de chemici start omstreeks 1870. Het ontstaan van het beroep is in beide gevallen niet aan de orde.<sup>34</sup> Deze beperking tot bestaande beroepen is niet zonder reden, want een toepassing van de proces-sociologische benadering op de opkomst van een nieuw beroep is problematisch.

Uitgangspunt van de 'occupational strategy'- of proces-benadering is immers de veronderstelling dat een beroepsgroep bepaalde belangen of doeleinden nastreeft. Dit veronderstelt het bestaan van een groepssolidariteit, of in ieder geval een beroepsidentiteit. Juist het bestaan van zo'n beroepsidentiteit mag in het geval van een beroep dat er (nog) niet is, niet worden aangenomen. Actionistische verklaringen lopen dan ook het grote gevaar van anachronistische geschiedschrijving - 'Whig history' - waarbij een pioniersgroep motieven toegedicht worden die aan een latere fase van de geschiedenis zijn ontleend. De problemen die hier rijzen kunnen geïllustreerd worden aan de hand van een stadiatheorie van het professionaliseringsproces die teruggaat op het werk van Carr-Saunders en Wilson, en die regelmatig in allerlei varianten in de literatuur is aan te treffen. Morrell heeft de voor- en nadelen van deze stadiatheorie besproken aan de hand van de professionalisering van de wetenschap.<sup>35</sup>

Volgens Morrell kan men, als men het model van Carr-Saunders en Wilson tot uitgangspunt neemt, zes stadia onderscheiden in het proces waarin verschillende wetenschappelijke disciplines in de negentiende eeuw tot beroepsmatig uitgeoefende activiteiten werden: (1) het ontstaan en de verdere groei van betaalde betrekkingen in dat wetenschapsgebied (leerstoelen, docentschappen en functies in de industrie), (2) het ontstaan van specialistische kwalificaties op dat gebied, zoals het doctoraat of andere graden, (3) de ontwikkeling van reguliere opleidingen en trainingsprocedures, (4) specialisering op het gebied van de research, (5) een groeiende groepssolidariteit, zich uitend in de vorming van professionele organisaties, en (6) de ontwikkeling van beloningssystemen, als prijzen, voor uitstekende prestaties.<sup>36</sup> Vanuit het perspectief van het ontstaan van nieuwe beroepen is de essentie van dit model (als actionistisch model opgevat) de aanname dat er een voorhoede ontstaat, benoemd op bepaalde betaalde functies, die zich vervolgens inspannen om graden en opleidingen in het leven te roepen om zo de reproductie te garanderen van de beroepsgroep of de discipline.<sup>37</sup> Om de waarde van dit model te beoordelen is het van belang om een duidelijk onderscheid te maken tussen functies, of beroepsposities, aan de ene en beroepen aan de andere kant. Er blijken dan twee heel verschillende interpretaties van het model mogelijk te zijn.

De eerste mogelijkheid is het geval waarin we te maken hebben met een 'traditioneel beroep', waarin het beroep en de functie die wordt uitgeoefend samenvallen. Een voorbeeld is het beroep van wiskundeleraar in de negentiende eeuw. Voor wiskundigen was dit toen in feite de enige functie die kon worden uitgeoefend (fase 1) en scholingsmogelijkheden voor wiskundigen (fase 3) werden vanwege het leraarschap in het leven geroepen.<sup>38</sup> Het model zegt in dit geval hoogstens iets over de verdere ontwikkeling van het beroep. Dat het beroep bestaat is reeds als een gegeven aangenomen (fase 1) en het model verklaart of

beschrijft op dat punt niets.

In de tweede mogelijkheid gaat het om het ontstaan van een 'modern beroep', waarbij de functies die door de pioniers in fase 1 bekleed worden slechts een klein deel uitmaken van het latere beroepsdomein van de beroepsgroep (die zich bijvoorbeeld hand in hand vormt met de creatie van opleidingen (fase 3)).<sup>39</sup> Juist in dit geval dreigen de gevaren van anachronisme.<sup>40</sup> Het gedrag van de eerste leerstoelhouders wordt dan bijvoorbeeld niet geïnterpreteerd in de enge context van hun (hoog)leraarschap en in het licht van de doelstellingen van de instelling waar zij werkten, maar gezien als een voorbereiding op de creatie van een beroepsgroep. Of er wordt stilzwijgend aangenomen dat zij reeds de eerste leden van de nieuwe beroepsgroep zijn. De chemie kan hier als voorbeeld dienen. Vele (hoog)leraren doceerden naast de chemie een andere discipline - zoals de biologie, de farmacie of de fysica - zodat de aanname dat deze docenten zich automatisch met de chemie zouden identificeren problematisch is. Zelfs in het geval dat een leraar alleen de chemie doceert mag niet voorbaat worden aangenomen dat deze zich primair met de chemische wetenschap identificeert, in plaats van bijvoorbeeld met zijn leraarschap, of met pogingen tot verbetering van de nijverheid.<sup>41</sup>

Dat deze voetangels en klemmen niet altijd ontweken worden hangt zeker samen met de hantering van het traditionele beroepsbegrip, waarin geen onderscheid tussen beroepen en functies gemaakt wordt, in situaties waarin dit beroepsbegrip niet van toepassing is omdat het beroepsdomein vele functies omvat. In het geval van de ontstaansgeschiedenis van natuurwetenschappelijke beroepen zoals dat van de chemicus, komt in de oudere literatuur regelmatig de stilzwijgende aanname voor dat de beroepsuitoefening gelijk gesteld kan worden met het doen van onderzoek. Deze visie is òf volstrekt in strijd met de feiten want chemici, bijvoorbeeld, worden *als chemicus* ook voor andere taken ingehuurd, òf ze verwordt - zoals bij Ben-David - tot een steriele roltheoretische analyse waarin de chemicus alleen in zijn rol als onderzoeker wordt bestudeerd.<sup>42</sup> Het steriele van deze aanpak schuilt erin dat de ontwikkeling van de onderzoekersrol los wordt gezien van de ontwikkeling van de andere beroepsvelden waarin chemici werkzaam zijn, terwijl deze beroepscontexten elkaar, bijvoorbeeld via het onderwijs, wel degelijk beïnvloed hebben.

Wel is het waardevol te onderkennen dat in verschillende gevallen, zoals in het geval van de chemie, de vorming van wetenschappelijke gemeenschappen vooraf ging aan het ontstaan van een maatschappelijk herkenbare beroepsgroep.<sup>43</sup> Zo'n wetenschappelijke gemeenschap, waarbinnen de leden via publicaties, brieven en persoonlijke contacten met elkaar in verbinding stonden, vormde een sociaal veld dat mede richting gaf aan de ontwikkeling.<sup>44</sup> Waar men voor moet waken is om de leden van bijvoorbeeld 'de Duitse chemische gemeenschap' (Hufbauer) alleen in die hoedanigheid te zien en niet tevens in hun rollen als lid van een bepaalde beroepsgroep (bijvoorbeeld apotheker) en als bekleders van een bepaalde specifieke beroepspositie (bijvoorbeeld docent aan een mijnbouwschool).

De hierboven gegeven kritiek impliceert niet dat actionistische benaderingen

geen waarde kunnen hebben voor de analyse van het ontstaan van een nieuw beroep. Waar het op aan komt is dat een grote zorgvuldigheid aan de dag wordt gelegd bij de weergave van de context waarin men de actoren plaatst. In de volgende hoofdstukken zal regelmatig door een actionistische bril naar de groep van polytechnische chemiedocenten gekeken worden. Er zal dan blijken dat die leraren zich in vele gevallen helemaal niet identificeerden met de chemische discipline. Afhankelijk van de vooropleiding van de leraren, de aard van hun leeropdracht en het tijdstip van handeling, streefden leraren verschillende doelen na en beïnvloedden zo, hetzij in innovatieve, hetzij in conservatieve zin, de institutionele ontwikkeling van hun polytechnische school.<sup>45</sup> Het ontstaan van een opleiding tot technisch-chemicus kan zo gedeeltelijk gezien worden als een onbedoeld neveneffect van acties die de leraren om andere redenen ondernamen.

In de structuralistische verklaringen wordt het ontstaan van vele nieuwe beroepen in de eerste helft van de negentiende eeuw in verband gebracht met het moderniseringsproces waarin voor de oude standenmaatschappij de burgerlijke samenleving in de plaats kwam. Staatsvorming en bureaucratisering, de oprichting van scholen, industrialisatie en technische ontwikkeling, urbanisatie, verwetenschappelijking en de opkomst van de middenstand - het individuele en gemeenschappelijke effect van al deze brede maatschappelijke processen wordt te hulp geroepen ter verklaring van het ontstaan van de moderne beroepen en professies.<sup>46</sup> In algemene termen valt deze visie alleen maar te onderschrijven. Zoals hierboven is aangegeven dient het ontstaan van een nieuw beroep niet op zich beschouwd te worden, maar bekeken worden in de context van de maatschappelijke arbeidsdeling als geheel. De vorming van nieuwe beroepen heeft altijd repercussies voor het beroepsdomein van de bestaande beroepen. Sociale, economische en politieke processen die invloed hebben op de maatschappelijke arbeidsdeling als geheel, kunnen op hun beurt als een belangrijke verklaring dienen voor het ontstaan van een nieuw beroep. Bovendien is er het empirische gegeven dat veel nieuwe beroepen in de vroeg-negentiende eeuw vrijwel tegelijk zijn ontstaan.<sup>47</sup> Het is verleidelijk te poneren dat aan deze gelijktijdigheid de invloed van één gemeenschappelijke factor - of samenhangend complex van factoren - ten grondslag lag.

Voor de Duitse situatie is in de recente literatuur vooral gewezen op de grote invloed die de groei van de staatsbureaucratie en het door de staat georganiseerde onderwijs op het ontstaan van nieuwe beroepen hebben gehad. Terwijl in Engeland en de Verenigde Staten de nieuwe beroepen zich, hand in hand met de industrialisatie, formeerden op een 'vrije markt' van professionele diensten en zich al vroeg organiseerden tot beroepscorporaties, vond er in Duitsland (en Frankrijk) een 'Professionalisering von oben' plaats onder invloed van een door de staat georganiseerd stelsel van staatsexamens voor administratieve en technische beambten en een daarop voorbereidend onderwijssysteem.<sup>48</sup> Hoe simplificerend deze schematisering ook moge zijn, de conclusie die er wel uit getrokken mag worden is dat van iedere studie naar het ontstaan van moderne hoger geschoolde beroepen in de Duitse context een onderzoek naar de ontwikkeling van het



onderwijsstelsel een integraal onderdeel moet zijn. Dat zo'n onderzoek de ruggegraat van dit boek uitmaakt is in de inleiding op dit hoofdstuk reeds aangegeven.

Wanneer men in meer detail naar de structuralistische verklaringen kijkt, wordt het hierboven gegeven positieve oordeel over deze benadering niet versterkt. Integendeel. In veel gevallen fungeert het brede moderniseringsperspectief slechts als een gewichtige inkleding van de constatering dat een bepaald beroep is ontstaan. Pogingen om het ontstaan van een specifiek nieuw beroep werkelijk te analyseren en dit te relateren aan de genoemde maatschappelijke ontwikkelingen zijn uitermate schaars.<sup>49</sup> Daarnaast kunnen de meer gedetailleerde uitwerkingen die op het theoretische vlak vanuit structuralistisch perspectief zijn ondernomen de toets der kritiek vaak niet doorstaan. Dit geldt in het bijzonder wanneer er slechts één van de componenten van het moderniseringsproces nader is uitgewerkt. Er dreigt dan een simpele één-factor benadering, met een bijbehorende lineaire verklaringsstructuur.<sup>50</sup>

Als voorbeeld kan hier de zowel in liberale als in marxistische kring wijd verbreide these gelden dat de nieuwe beroepen ontstonden onder invloed van het industrialisatieproces. Mechanisering en de opkomst van het fabriekssysteem zorgden, zo is de redenering, voor een toenemende maatschappelijke arbeidsdeling en zo voor het ontstaan van nieuwe beroepen.<sup>51</sup> Nu is het wel zeker dat er als onderdeel van het industrialisatieproces nieuwe arbeidstaken en nieuwe functies (beroepsposities) ontstonden. De aanname dat zulke nieuwe taken automatisch zullen leiden tot het ontstaan van nieuwe beroepen is echter niet gerechtvaardigd. In vele gevallen zijn er substitutiemogelijkheden op de werkplek waarbij de nieuwe taken door de reeds aanwezige arbeiders verricht kunnen worden. Ook wordt niet zelden de taakinhoud aan het beschikbare arbeidspotentieel aangepast. Het ontstaan van nieuwe beroepen hangt niet alleen van veranderingen in taken af maar ook van de scholings- en opleidingsmogelijkheden in de maatschappij.<sup>52</sup> De kwestie is voor een deel te vergelijken met het binnen de innovatietheorie gevoerde debat over de verklaringskracht van zogenaamde 'market-pull'-modellen. Dosi heeft laten zien dat het met deze modellen principieel onmogelijk is om de genese van *specifieke* technische vernieuwingen te verklaren. Een specifieke vraag naar iets wat nog niet bestaat kan niet opkomen. Behoeft Patronen hebben een globaler karakter, waardoor een specifieke innovatie altijd ondergedetimineerd is door de vraag van de markt. Aan de andere kant heeft de marktvraag een evidente invloed op het uiteindelijk succes van een nieuw produkt. Een oplossing die aan beide gezichtspunten recht doet kan geboden worden door het innovatieproces als een evolutionair variatie- en selectieproces te zien, waarbij concrete *gerealiseerde* innovaties onderworpen worden aan de selectie van de markt.<sup>53</sup>

Andere voorbeelden van problematische verklaringen die aangetroffen kunnen worden in de structureel-functionalistische literatuur, zijn de systeemtheoretische aanname van een deterministische samenhang tussen groei- en differentiatieprocessen,<sup>54</sup> en het idee dat het begrip complexiteit een onafhankelijke variabele is. De redenering in het laatste geval is dat de ontwikkeling van wetenschap en

techniek er voor zorgde dat het productieproces steeds complexer werd, waardoor er wel nieuwe hooggeschoolde beroepsgroepen moesten ontstaan om de gerezen problemen het hoofd te bieden. Complexiteit is echter geen objectief vaststelbare grootheid. Het gaat altijd om waargenomen complexiteit, die afhangt van degene die het probleem beziet. Wat voor de ene persoon een simpel transparant stukje vensterglas is, kan voor een chemicus of fysicus een complex amorf materiaal zijn met een moeilijk te doorgronden patroon van lokale moleculaire orde. De vermeende toenemende complexiteit van productieprocessen is daarom minstens zozeer een gevolg van het aanstellen van hooggeschoolde professionals (die het complexiteitsargument bijvoorbeeld konden inzetten in hun strijd met de werkmeesters), als de oorzaak daarvan.

Deze punten van kritiek nemen niet weg dat er, om de hierboven gegeven reden van de samenhang tussen concrete beroepsdomeinen en de maatschappelijke arbeidsdeling als geheel, ook een beroep op structuralistische verklaringsschema's gedaan moet worden. De actionistische en de structuralistische verklaringen hebben beide hun sterke en zwakke punten. De structuralistische verklaringen werken met grootheden en begrippen die verondersteld worden eenduidig definieerbaar te zijn (marktvraag, complexiteit, exameneisen, groei van subsystemen), terwijl de interpretatie ervan onder concrete maatschappelijke omstandigheden afhangt van de aard en positie van de betrokken actoren (betekenisflexibiliteit). Actionistische verklaringen moeten op hun beurt altijd een decor optrekken dat buiten de invloedssfeer van de betrokken actoren valt. Deze omgeving van de onderzochte handeling is echter niet onveranderlijk, maar zal zich wijzigen door de hierboven genoemde brede maatschappelijke processen. Kocka, Conze en Siegrist merken dan ook terecht op dat in het historisch onderzoek naar beroepsvormingsprocessen beide verklaringstypen met elkaar gecombineerd dienen te worden.<sup>55</sup> Er zijn echter weinig voorbeelden hoe zo'n gecombineerde aanpak er voor concrete historische beroepsstudies uit zou kunnen zien.

In haar, in de volgende paragraaf uitvoeriger te behandelen, dissertatie over het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland schrijft de DDR-historica Ulrike Köster dat het nodig is de 'dialectische wisselwerking' te onderzoeken tussen de persoonlijke belangen en handelingen van op de voorgrond tredende individuen en de maatschappelijke vraag (naar chemische vakkennis).<sup>56</sup> Hoe dit onderzoekbaar gemaakt zou moeten worden blijft echter in het midden. De ontwikkelingen binnen de chemische industrie en de handelingen van de (hoog)leraren aan scholen en universiteiten worden gescheiden in aparte paragrafen behandeld en niet systematisch met elkaar in verband gebracht.<sup>57</sup> Meer zou er mijns inziens verwacht kunnen worden van de toepassing van evolutionaire variatie/selectie-modellen op het vraagstuk van de opkomst van een nieuw beroep, naar analogie van de modellen die in innovatiestudies zijn gebruikt. Toegepast op het ontstaan van nieuwe beroepen zou men het opleidingssysteem - zowel de 'school' als de 'shop' - op kunnen vatten als de bron van beroepsvariëaties (dat wil zeggen nieuwe kwalificatieprofielen), en de arbeidsmarkt als de selectie-omgeving. Gezien het gebrek aan bronnen aan de vraagzijde van de arbeidsmarkt (de

industrie) is een verdere uitwerking van dit idee voor het geval van de opkomst van het beroep van technisch-chemicus in Duitsland op dit moment nog niet mogelijk.

In de hierna volgende hoofdstukken is een beperkte poging gedaan actionistische en structuralistische verklaringselementen met elkaar te combineren door de institutionele geschiedenis van het Duitse technische onderwijs - en in het bijzonder het aan die scholen gegeven chemische onderwijs - tot rode draad te kiezen. Deze opzet heeft het voordeel dat op het mesoniveau van het onderwijsstelsel zowel de invloeden van macroscopische sociale en economische processen, als de (micro) handelingen van concrete actoren zichtbaar gemaakt kunnen worden. Het hierboven gesignaleerde probleem van de structuralistische geschiedenis dat het moderniseringsproces hoogstens als een algemene bezweringsformule fungeert die nauwelijks met het ontstaan van specifieke beroepen in verband kan worden gebracht, wordt hierdoor voor een deel opgeheven. In de onderwijsgeschiedenis blijken belangrijke maatschappelijke transformaties duidelijke sporen achter te laten, die betrekkelijk direct gerelateerd kunnen worden aan veranderingen in het curriculum.<sup>58</sup>

## **1.2 Het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland: de stand van het onderzoek**

In het historische onderzoek naar het beroep van chemicus in Duitsland kan men de accenten en thema's weerspiegeld zien van het beroepshistorische onderzoek in het algemeen. Veel aandacht ging uit naar de periode na 1870, toen het beroep reeds een duidelijke gedaante had aangenomen en de beroepsgroep voor het eerst collectief op nationaal niveau ging optreden. De chemie was toen een zelfstandig vakgebied aan de universiteiten en polytechnische scholen, met eigen instituten, speciale opleidingsprogramma's voor chemici en met eigen wetenschappelijke genootschappen (1867) en beroepsverenigingen (1878/1887).

Thema's als de rol van deze verenigingen, de toenemende professionalisering van het chemisch beroep en de evolutie van het onderwijs in het spanningsveld tussen gevestigde (universitaire) belangen en de eisen vanuit de groeiende Duitse chemische industrie, zijn de laatste twintig jaar alle onderwerp van onderzoek geweest.<sup>59</sup> Juist door het voorhanden zijn van een 'institutionele infrastructuur', in de vorm van opleidingen, researchinstituten, verenigingen en de door de chemische organisaties uitgegeven tijdschriften, was rijkelijk bronnenmateriaal beschikbaar om de sociale ontwikkeling van de chemiebeoefening in de laatste decennia van de negentiende eeuw te traceren. Organisaties als de *Deutsche Chemische Gesellschaft* (1867), de *Verein zur Wahrung der Interessen der deutschen chemische Industrie* (1877), de *Verein analytischer Chemiker* (1878) en de opvolgers daarvan - de *Deutsche Gesellschaft für angewandte Chemie* (1887)

en de *Verein deutscher Chemiker* (1896) - vormden evenzovele fora waarbinnen over de opleiding van chemici en de maatschappelijke positie van de chemicus werd gedebatteerd.

Vóór 1867 waren zulke fora afwezig. Dit maakt dat vanuit het oogpunt van de beschikbaarheid van bronnen, er in verband met het historische onderzoek naar de ontwikkeling van het beroep van chemicus in Duitsland hemelsbrede verschillen zijn tussen de periode tot 1867 en de periode daarna. Ook los daarvan moeten we constateren dat er slechts enkele studies zijn die niet het professionaliseringsproces maar het eigenlijke ontstaan van het beroep van chemicus tot onderwerp hebben.<sup>60</sup> Deze studies zullen in deze paragraaf in een min of meer chronologische volgorde behandeld worden, waardoor duidelijk wordt welke vragen zijn aangesneden en wat er nog open staat.

### *Professionalisering van de wetenschap*

De eerste tak van wetenschap die op een systematische wijze aandacht besteedde aan de vragen wanneer, hoe en waarom de wetenschapsbeoefening tot een beroepsactiviteit werd, was de wetenschapssociologie. Tussen ongeveer 1955 en 1975 verschenen er verschillende historisch-gerichte wetenschapssociologische studies (later met sociologisch-geïnformeerde historische studies aangevuld) over de 'professionalisering van de wetenschap'. Hieronder waren het inmiddels klassieke boek van Joseph Ben-David *The Scientist's Role in Society* (1971) en een veel geciteerd artikel van Everett Mendelsohn 'The Emergence of Science as a Profession in Nineteenth-Century Europe' (1964).<sup>61</sup> Het centrale vraagstuk waarop deze studies zich richtten was de wijze waarop het verrichten van wetenschappelijk onderzoek in de loop van de geschiedenis tot een beroepsmatig uitgeoefende en gesalarieerde activiteit is geworden. Dit was een onderwerp dat de traditionele wetenschapsgeschiedenis had laten liggen.

Ben-David, Mendelsohn en hun vakgenoten waren niet specifiek in het ontstaan van het beroep van chemicus geïnteresseerd, noch in de situatie in Duitsland. Toch komt er uit hun geschriften een duidelijk beeld naar voren met betrekking tot de professionalisering van de Duitse chemie (beoefening). De oplossing van deze paradox kan gevonden worden als men zich realiseert wat het doel was dat deze wetenschapssociologen en -historici tussen 1955 en 1975 voor ogen stond: een model, of theorie, op te stellen van dé professionalisering van dé wetenschap. Volgens Ben-David en zijn collega's was de professionalisering van de wetenschap een mondiaal proces waarin alle landen en disciplines betrokken waren. Als in een estafette waren in sommige historische periodes bepaalde landen en wetenschapsgebieden in de race, om vervolgens het stokje aan een ander land of een andere discipline door te geven. In de negentiende eeuw was het stokje duidelijk bij de Duitse chemie aangeland. De chemicus Justus Liebig was, volgens deze auteurs, de eerste die in 1825 het verrichten van experimenteel wetenschappelijk onderzoek tot een academisch beroep maakte en de Duitse kleurstofindustrie maakte als eerste bedrijfstak hiervan omstreeks 1870 een industrieel beroep.



Afb. 1: De façade van het in 1867-1869 onder leiding van A.W. Hofmann gebouwde chemische laboratorium van de Berlijnse universiteit aan de Georgenstrasse, afgebeeld naar aanleiding van de eerste bijeenkomst van de (in november 1867 opgerichte) *Deutsche Chemische Gesellschaft* in het nieuwe gebouw. Achter de 134,5 voet lange gevel bevond zich een 162,5 voet diep gebouw waarin op de eerste verdieping voor 64 studenten practicumplaatsen waren ingericht. De begane grond huisvestte de collegezalen en de research-laboratoria voor de eerste, de tweede en de derde assistent (*Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin* 2 (1869), tegenover pag. 223).

Op deze wijze speelde de Duitse chemie een rol in een algemene stadiatheorie van het professionaliseringsproces, waarover bij de verschillende auteurs een globale overeenstemming bestond. De *institutionalisering* van door 'amateurs' beoefende wetenschap binnen academies, maatschappijen en genootschappen in de zeventiende en achttiende eeuw werd, volgens deze theorie, gevolgd door een *academiseringsfase* waarin de wetenschapsbeoefening in toenemende mate in de handen van docenten kwam. Aanvankelijk omstreeks 1800 nog een 'liefhebberij' van de hoogleraar, werd het verrichten van onderzoek in de eerste helft van de negentiende eeuw - met name in Duitsland - steeds vaker tot zijn reguliere taken gerekend. De eerste opleidingsinstituten waarin het verrichten van onderzoek geleerd kon worden, werden opgericht (Liebig). Toen kwamen ook de afzonderlijke *disciplines* op, waarbij de oorspronkelijke eenheid van de natuurwetenschappen ('natural philosophy', 'Naturforschung') verloren ging. De laatste fase van het ontwikkelingsproces - die van de *professionalisering* en *industrialisering* van de wetenschapsbeoefening - zette na 1870 in. Toen werd het uitvoeren van wetenschappelijk onderzoek een maatschappelijk beroep: industrieën richtten onderzoekslaboratoria op en de staat stichtte onderzoeksinstituten en proefstations.<sup>62</sup>

Dit ogenschijnlijk heldere beeld vertoont vele tekortkomingen. De feitenbasis van de hier behandelde publicaties was smal. Gedetailleerd historisch onderzoek naar de maatschappelijk en institutionele context van de wetenschapsbeoefening ontbrak in de periode 1955-1975 nog grotendeels. Bovendien, verschillende gegevens die wel beschikbaar waren maar niet in de theorie pasten, werden het slachtoffer van de wens om uiteenlopende nationale en disciplinaire ontwikkelingen onder te brengen in één universeel ontwikkelingsmodel. Zo kan men de rol die de universiteiten in de zeventiende en de achttiende eeuw op het gebied van de wetenschap speelden bepaald niet verwaarlozen, en is het onjuist om het ontstaan van disciplines als de chemie als het resultaat te zien van een groei-en-differentiatie-proces van een 'algemene natuurwetenschap'. Verder zijn er zulke grote verschillen tussen de instituties in de verschillende landen dat het twijfelachtig is of deze wel tot enkele algemene types kunnen worden teruggebracht. Daarnaast roept, zoals ik in de vorige paragraaf reeds aangaf, de beperking tot de professionalisering van de onderzoekersrol vele vragen op. Is die rol wel op simpele wijze te scheiden van bijvoorbeeld de rol als docent, of de rol als bedrijfsleider?<sup>63</sup> Is het wel verhelderend om het ontstaan van de *beroepspositie* (functie) van onderzoekschemicus te bestuderen los van het ontstaan van het beroep van chemicus? Het latere sociaal-historische onderzoek naar de wetenschapsbeoefening, dat hieronder behandeld wordt, heeft beide vragen ontkennend beantwoord. Een inzicht in de historische ontwikkeling wordt niet verkregen door het negeren van de vraag, hoe en waarom de verschillende rollen in elkaar grijpen te negeren.

Door deze roltheoretische inperking tot de functie van de onderzoeker en door de verschillende historiografische tekortkomingen, is de waarde van het werk van auteurs als Ben-David en Mendelsohn voor het vraagstuk van het ontstaan van het beroep van chemicus beperkt. Dat wil niet zeggen dat hun werk zonder invloed is geweest. Integendeel, hun beoordeling dat de oprichting van de *École polytechni-*

que (1794) en de inrichting van laboratoria aldaar, de oprichting van een onderwijslaboratorium door Liebig aan de universiteit te Giessen (1825) en de oprichting van research-laboratoria in de Duitse kleurstofindustrie (na 1870), belangrijke mijlpalen waren in de professionalisering van de wetenschap, kan men keer op keer in de literatuur herhaald zien worden, waarbij deze mijlpalen soms ook geïnterpreteerd worden als de belangrijkste stadia in het ontstaan van het beroep van chemicus. Liebig is in deze visie onmiskenbaar de grote innovator die als eerste een opleiding voor onderzoekschemici in het leven riep. Over de vraag of daarmee ook het beroep van (onderzoeks)chemicus in het leven geroepen was is de hier besproken literatuur minder eenduidig. Het meest in de lijn van het hierboven weergegeven model ligt de interpretatie van het beroep van (onderzoeks)chemicus inderdaad omstreeks 1825 ontstond, maar dat de arbeidsmarkt zich uitsluitend dat de universiteiten beperkte. Na 1870 vond er vervolgens een transport van de bestaande beroepsrol naar een nieuwe, industriële context plaats (Ben-David), of - anders opgevat - ontstond er een nieuwe rol door een modificatie- en differentiatie proces van de oorspronkelijke rol (Shils).

In het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland kreeg dus de figuur van Justus Liebig een essentiële plaats. Op dat punt verschillen deze wetenschaps-sociologische publicaties niet van de latere - en de eerdere - literatuur.<sup>64</sup> Ook in dit boek zal aan Liebigs uitspraken en acties ruime aandacht worden besteed.<sup>65</sup> De cruciale vraag is echter niet of Liebig een rol speelde in het proces waarin het beroep van chemicus in Duitsland ontstond, maar in welke context de handelingen van deze centrale actor geplaatst dienen te worden.

In het werk van Mendelsohn en Ben-David worden de figuur van Liebig en de opkomst van het onderwijslaboratorium aan de Duitse universiteiten geplaatst in een ideeënhistorische context. Liebig is in dit verhaal de persoon die het Duitse begrip 'Wissenschaft' wist te combineren met de Franse experimentele laboratoriumwetenschap en met de zo ontstane experimentele natuurwetenschap met succes een aanval wist te openen op de dominante universitaire positie van de romantische *Naturphilosophie*. De essentie hiervan was, zo stellen deze auteurs, dat er een omslag plaatsvond in het geestelijk klimaat aan de Duitse universiteiten. Deze interpretatie is grotendeels aan Liebigs eigen geschriften en met name aan zijn autobiografische aantekeningen ontleend.<sup>66</sup> Inzichten en feiten die deze weergave ondersteunen zijn in de hier besproken publicaties beschouwingen over de rol van de Parijse *École polytechnique*, gekoppeld aan de vermelding dat Liebig daar de inspiratie voor zijn nieuwe aanpak opdeed, en over de institutionalisering van het 'Wissenschafts'-concept in de Duitse humaniora met de oprichting van de nieuwe universiteit te Berlijn (1810).<sup>67</sup>

### *De chemiebeoefening in de 18de eeuw*

De eerste grote correctie op het hierboven geschetste 'standaardbeeld' van de Duitse chemiebeoefening vormde Karl Hufbauers dissertatie uit 1970 over de Duitse chemie in de achttiende eeuw. In 1982 verscheen dit werk gecorrigeerd en

ingekort in boekvorm onder de titel *The Formation of the German Chemical Community (1720-1795)*. Hufbauer behandelt daarin de sociale positie van de chemie in de achttiende eeuw, de evolutie van het chemisch onderwijs, de oprichting van speciale chemische tijdschriften en het ontstaan van een 'chemische gemeenschap' in de laatste twee decennia van de achttiende eeuw.<sup>68</sup> De consequenties van dit werk voor het inzicht in het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland waren groot. Niet alleen brak Hufbauer met de in de oudere literatuur gekoesterde clichés over de achttiende eeuwse 'amateurwetenschap', maar ook de rol van Liebig kwam door zijn analyse van de achttiende eeuwse ontwikkelingen in een ander daglicht te staan. Alle latere auteurs over het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland hebben op Hufbauers werk voortgebouwd. Wat betreft de achttiende eeuw zijn er daarnaast - aansluitend bij en in correctie op het werk van Hufbauer - enkele belangrijke publicaties van Meinel verschenen over over de achttiende eeuwse visies op de chemie, over de sociale status van het vak en vooral over de positie van de chemie binnen het universitaire onderwijs.<sup>69</sup> Hierdoor is de laatste jaren de kennis van de achttiende eeuwse chemiebeoefening in Duitsland zeer veel verder gebracht.

Aan het einde van de achttiende eeuw, zo blijkt uit het werk van Hufbauer en Meinel, genoot de chemie groot maatschappelijk aanzien. Het was de 'Lieblingswissenschaft' van verschillende leden van de aristocratie en een vakgebied waarvan velen grote verbeteringen in de landbouw en de nijverheid verwachtten. Tevens werd de chemie gezien als een essentieel onderdeel van een wetenschappelijke medische vorming. Het vak had daardoor aan de universiteiten een stevige positie verworven in het kader van het medische en Kameralistische onderwijs. Verschillende chemie-docenten, apothekers en technisch chemici beschouwden zich als leden van een chemische gemeenschap. Ze stonden in frequent contact met elkaar en publiceerden in aparte chemische bladen.<sup>70</sup>

De chemie was daarmee aan het einde van de achttiende eeuw van een discipline, of 'leerstofeenheid', in de context van onderwijsinstellingen als universiteiten en apothekersopleidingen, geëvolueerd tot een gemeenschap van op elkaar reagerende chemische auteurs. Leerstoelen, leerboeken en tijdschriften waren de hoekstenen van de toenmalige institutionalisering van de chemie. Verdere vormen van institutionalisering waren evenwel afwezig. De chemici vormden geen samenhangende (beroeps)groep of professie, die zich op basis van een gemeenschappelijke vooropleiding en duidelijk identificeerbare chemische beroepsmogelijkheden van andere beroepsgroepen kon onderscheiden.<sup>71</sup>

### *De rol van de farmacie*

In 1975 promoveerde Bernard H. Gustin aan de universiteit van Chicago op een belangwekkend proefschrift over 'The Emergence of the German Chemical Profession 1790-1867'.<sup>72</sup> Gustin kwam daarin met een analyse van de (sociale) ontwikkeling van de chemiebeoefening in Duitsland die sterk afweek van het tot dan toe overal verkondigde verhaal. Ook in Gustins geschiedschrijving kreeg



Liebig een innovatieve rol toebedeeld, maar in plaats van het handelen van Liebig als een onderdeel van de strijd van de (Franse) experimentele wetenschap tegen de *Naturphilosophie* te zien, verscheen dit nu als de culminatie en logische voortzetting van een reeds 50 jaar in gang zijnde hervormingsbeweging binnen de farmacie.<sup>73</sup> Gustin bouwde voort op de resultaten van het onderzoek van Hufbauer, maar bekritiseerde Hufbauers interpretatie daarvan. Waar Hufbauer de neiging had om de institutionalisering van het chemische onderwijs aan de Duitse universiteiten tegen het einde van de achttiende eeuw als het schitterende hoogtepunt van de voorafgaande ontwikkeling te zien, benadrukte Gustin de toen nog marginale positie van dit vak. Leerstoelen die Hufbauer als 'chemische leerstoelen' beschouwde, waren dit volgens Gustin helemaal niet omdat de leerstoelhouders naast chemie ook vakken als metallurgie, farmacie en botanie doceerden.<sup>74</sup> Zo werd het decor geschetst waartegen de invloed van de farmaceutische hervormingsbeweging goed kon afsteken.

Verschillende latere publicaties over de Duitse chemie- en farmaciebeoefening in de periode 1780-1850 zijn sterk door het werk van Gustin beïnvloed. Vooral twee artikelen van Hickel en Possehl over de ontwikkeling van het beroep van apotheker waarin verschillende implicaties voor de chemiebeoefening zijn uitgewerkt, en een artikel van Turner over het ontstaan van (beroeps)opleidingen voor chemici, bevatten inzichten die voor het thema van het ontstaan van het beroep van chemicus van belang zijn.<sup>75</sup> Het beeld dat uit deze drie artikelen naar voren komt wijkt in hoofdlijnen niet af van de inhoud van het proefschrift van Gustin. Ze zullen hieronder samen met Gustins werk behandeld worden.

Gustin, Hickel, Possehl en Turner zijn het er allen over eens dat de sleutel tot de ontstaansgeschiedenis van het beroep van chemicus in de sociale evolutie van het apothekersberoep in Duitsland en in de ontwikkeling van het farmaceutisch onderwijs dient te worden gezocht. Het beroep van chemicus is, volgens deze auteurs, uit het apothekersberoep ontstaan.<sup>76</sup> Deze ontstaansgeschiedenis zou volgens Hickel ook een verklaring kunnen bieden voor de verschillende beroepsontwikkeling op het terrein van de chemie in Duitsland, Frankrijk en Engeland. In Engeland en Frankrijk was de farmacie geheel anders georganiseerd, hetgeen gevolgen had voor zowel het chemisch onderwijs als voor de sociale positie van apothekers en, later, chemici. De recrutering tot beide beroepsgroepen werd daar beslissend door beïnvloed.<sup>77</sup>

Startpunt van de beschouwingen van Hickel, Gustin en Possehl vormt een hervormingsbeweging onder apothekers in Duitsland. Deze leidde tussen 1780 en 1820 tot veranderingen in de farmaceutische scholing en tot een professionalisering van het apothekersberoep. Vooral in Pruisen wisten de apothekers - die in 1820 een eigen beroepsorganisatie oprichtten - hun belangen aanzienlijk te versterken, door een zeer restrictieve concessieverlening met de overheid overeen te komen, door toegang te verwerven tot de universiteit en door de overheid te bewegen paal en perk te stellen aan de opkomende chemisch-farmaceutische industrie. De apotheken bleven daardoor belangrijke praktische werkplaatsen op chemisch en botanisch gebied en vervulden zo hun rol als centra in de opleiding

van aanstaande apothekers.<sup>78</sup> Voor de apothekers was, in woorden van Hickel, de bemoeienis met de natuurwetenschappen de 'Steigbügel zum soziale Aufstieg'.<sup>79</sup>

Enerzijds straalde zo de glans van 'wetenschappelijkheid' af op het maatschappelijk aanzien van het apothekersberoep. Anderzijds betekende dit dat de apotheken - in een tijd dat aanvankelijk 'Realschulen' en 'höhere Bürgerschulen' nog ontbraken - een belangrijke rol vervulden als leerscholen voor beroepen waarvoor chemische kennis gewenst of vereist was, ook buiten de farmacie. Uit het artikel van Posschl blijkt dat het restrictieve vestigingsbeleid voor apothekers dat de Pruisische overheid voerde de consequentie had dat meer dan de helft van de opgeleide farmaceuten, door gebrek aan toekomstperspectief, de apotheek na enige jaren verliet en naar een andere betrekking omzag. Velen van hen benutten hun chemische kennis door als fabrikant of technicus een betrekking te vinden in een chemische fabriek, door als leraar het onderwijs in te gaan, of als opstapje tot een medische of natuurwetenschappelijke universitaire studie.<sup>80</sup> Driekwart van de chemie-hoogleraren die tussen 1800 en 1836 aan de Duitse universiteiten werden aangesteld, had een opleiding tot apotheker gevolgd.<sup>81</sup> Zo was volgens Hickel het apothekersberoep het 'Stammbetrieb' waaruit het beroep van chemicus ontstond.<sup>82</sup>

Een tweede manier waarop de farmacie de institutionalisering en professionalisering (Gustin) van de chemie beïnvloedde bestond uit de betrokkenheid van verschillende apothekers bij de opkomst van de Duitse chemische industrie. Gustin stelde dat de apothekers met name tussen 1800 en 1840 een grote invloed op de groei van deze bedrijfstak hadden en er voor zorgden dat er in deze industrietak onder de ondernemers een cultuur ontstond die openstond voor de resultaten van de chemische wetenschap. Hierdoor was er volgens hem na 1840 een bereidheid om de chemici in dienst te nemen die het produkt waren van Liebigs nieuwe methode van onderwijs.<sup>83</sup>

Een derde schakel die de beroepsgeschiedenis van de chemicus met die van de apotheker verbond, liep via de ontwikkeling van het onderwijs. Voor de laat-achtentiende eeuwse farmaceutische hervormingsbeweging vormde de verbetering van het chemisch onderwijs één van de middelen tot verheffing van het apothekersberoep. Parallel aan de opleidingsroute via de apotheek en in aanvulling daarop, ontstonden farmaceutische privé-scholen, waar praktisch-chemisch onderwijs in het laboratorium geboden werd. Toen tussen 1800 en 1840 aan de meeste Duitse universiteiten onderwijsprogramma's voor apothekers werden opgezet, stond het onderwijs aan deze privé-scholen model. De eerste universitaire chemische onderwijslaboratoria startten veelal als extra-universitaire farmaceutische scholen, die later in de universitaire structuren werden geïncorporeerd. Gustin heeft laten zien dat ook Liebigs laboratorium in Giessen op een dergelijke wijze is ontstaan.<sup>84</sup>

Deze ontwikkeling had een grote invloed op de beoefening van de chemie. In de eerste plaats versterkte de incorporatie van de farmacie in de Duitse universiteiten de institutionalisering van de chemie. Naast een onderwijsvak voor medici

werd de chemie nu ook een onderwijsvak voor farmaceuten. Bovendien werd daardoor de eenzijdige afhankelijkheid van de chemie van de geneeskunde doorbroken. Leerstoelen chemie verhuisden van de medische naar de filosofische faculteit. In de tweede plaats leidden de eisen die de praktisch gerichte farmaceutische opleiding stelde, tot de oprichting van de eerste chemische universitaire onderwijslaboratoria. De onderbrenging van de chemie in de filosofische faculteiten en de oprichting van laboratoria creëerden een infrastructuur, die volgens Turner in de jaren na 1840 de voedingsbodem zou vormen voor de transformatie van het chemisch onderwijs van een van een 'service-onderwijs' aan medici en farmaceuten tot een onderwijs gericht op een nieuwe beroepsgroep: de chemici.

De nieuwe generatie, zowel theoretisch als praktisch geschoolde chemiedocenten die na 1820 aan de universiteiten werd aangesteld, speelde - Liebig voorop - in dit transformatieproces een sleutelrol. Speciale opleidingen tot chemisch onderzoeker ontstonden onder hun invloed via een geleidelijke evolutionaire weg uit het traditionele onderwijsaanbod aan farmaceuten en medici.<sup>85</sup> Turner kon op basis van zijn onderzoek concluderen dat in Pruisen het 'service-onderwijs' aan medische en farmaceutische studenten tot ongeveer 1860 de onmisbare bestaansgrond voor de chemische instituten vormde. De vraag in het onderwijs en in de industrie naar gespecialiseerde 'Chemiker von Fach' was volgens hem te gering om de bouw van universitaire laboratoria te rechtvaardigen.

Hoewel het werk van Gustin, Hickel, Possehl en Turner een duidelijke vooruitgang betekent ten opzichte van de oudere 'professionalisation of science', vooral ook omdat zij zich op een veel groter aantal bronnen baseren, moeten de beperkingen ervan niet uit het oog worden verloren. In de eerste plaats moet geconstateerd worden dat de institutionele en beroepsmatige ontwikkeling van de chemie volledig in het perspectief van de ontwikkeling van de farmacie wordt geplaatst. Nu valt niet te ontkennen dat de infrastructuur rond de farmacie in Duitsland mede de maatschappelijke positie van de Duitse chemici heeft bepaald, maar even zeker is het dat er ook vele andere factoren in het spel waren. De claim van Gustin dat de apothekers aan de basis stonden van de Duitse chemische industrie wordt door hem weliswaar met verschillende voorbeelden gestaafd, maar de weergave is te selectief om te overtuigen. Ook niet-apothekers richtten verschillende chemische bedrijven op. In de volgende hoofdstukken zal ik laten zien dat aan de polytechnische scholen fabrikanten en ambachtslieden een chemische scholing kregen ter voorbereiding op een functie in de industrie. Zulke alternatieve opleidingsroutes richting industrie vinden bij Gustin, Hickel en Possehl geen vermelding. De analyse van Hickel en Possehl met betrekking tot de sociale positie van de farmacie is bovendien vrijwel uitsluitend gebaseerd op de situatie in Pruisen. Deze week sterk van de situatie in de andere Duitse staten af. Dit beperkt de geldigheid van hun conclusies aanzienlijk, als het gaat om een verklaring van de ontwikkeling van de chemie en de farmacie in Duitsland als geheel. Ook Turners studie gaat vrijwel alleen over Pruisen.

In de tweede plaats kan men constateren dat door deze één-factor benadering, waarbij alles opgehangen wordt aan de ontwikkeling van de farmacie, er heel

weinig zichtbaar wordt van de brede maatschappelijke processen die in de vorige paragraaf genoemd zijn als verklarende factoren voor het ontstaan van een nieuw beroep. Het is uiteraard geen wet van Meden en Perzen dat deze factoren bij ieder beroep een rol zouden moeten spelen, maar bij een werkterrein als de chemie dat zo tussen wetenschap en ambacht stond en met zoveel verschillende bedrijfstakken verknoot was, mag men enige invloed van de ingrijpende sociale en industriële ontwikkelingen zeker verwachten. Uit Gustins verhaal blijkt daar weinig van, afgezien van de opmerking dat de apothekers een mentaliteitsverandering in de industrie zouden hebben voorbereid. Ondanks het feit dat het Gustins verdienste geweest is om de figuur van Liebig los te weken uit idealistische geschiedschrijving die deze zelf had helpen creëren en Liebig weer met beide benen op de grond te plaatsen in de concrete farmaceutische context van zijn Giessense instituut, blijft zijn analyse betrekkelijk internalistisch. De focus is geheel op de microwereld van Liebigs instituut, nauwelijks op de plaats van dit instituut binnen de universiteit en in het geheel niet op de plaats van de universiteit binnen de Duitse samenleving.

Dit wreekt zich als men naar verklaringen voor het ontstaan van het beroep van chemicus zoekt. In Gustins proefschrift kan men, dat is mijn derde punt, daar vrijwel niets over vinden. De opmerkingen die hierboven over de beroepsontwikkeling gemaakt zijn, zijn of van Hickel ('Stamंबरuf'), of van Turner (rol van het 'service-onderwijs') afkomstig. Ondanks het feit dat de titel van Gustins proefschrift gaat over 'the emergence of the German chemical profession', wordt het ontstaan van het beroep van chemicus in zijn boek niet expliciet uitgewerkt. De meeste aandacht van Gustin ging uit naar wat hij de 'institutionalization of chemistry' noemt: de groei van het aantal scholen, leerstoelen en laboratoria onder invloed van de hervormingsbeweging op het gebied van de farmacie. Dat deze institutionalisering voor een groei van het aantal 'chemische functies' zorgde is duidelijk, maar dat is niet hetzelfde als de creatie van een nieuw beroep. Om daar meer over te zeggen moet men ook naar het vooropleiding kijken van de personen die op die functies worden benoemd worden. De cruciale vragen wanneer, hoe en waarom de chemie binnen het onderwijs losraakte uit de verplechting met de farmacie beantwoordde Gustin niet. Althans, het antwoord dat hij daarop gaf week niet af van het klassieke verhaal: het was Liebig die er met zijn succesvolle publiciteitscampagne voor zorgde dat de chemie afnemers vond in de landbouw en in de industrie en zo tot zelfstandig vakgebied werd. Op het niveau van het curriculum heeft hij de splitsing tussen de chemie en de farmacie niet onderzocht, laat staan er een verklaring voor aangedragen.

Ook Hickels stelling dat het beroep van chemicus voorgesteld kan worden als een aftakking van het 'Stamंबरuf' van de apotheker kan bij nadere beschouwing geen stand houden.<sup>86</sup> De suggestie die ervan uitgaat is dat de functie, of beroepspositie, van apotheker zo veranderde dat er binnen de maatschappelijk arbeidsdeling twee nieuwe functies - als basis voor nieuwe beroepen - ontstonden waarvan de ene door farmaceuten en de andere door chemici werd bezet. Maar op die wijze is de ontwikkeling zeker niet gegaan. Hoogstens kan waargemaakt

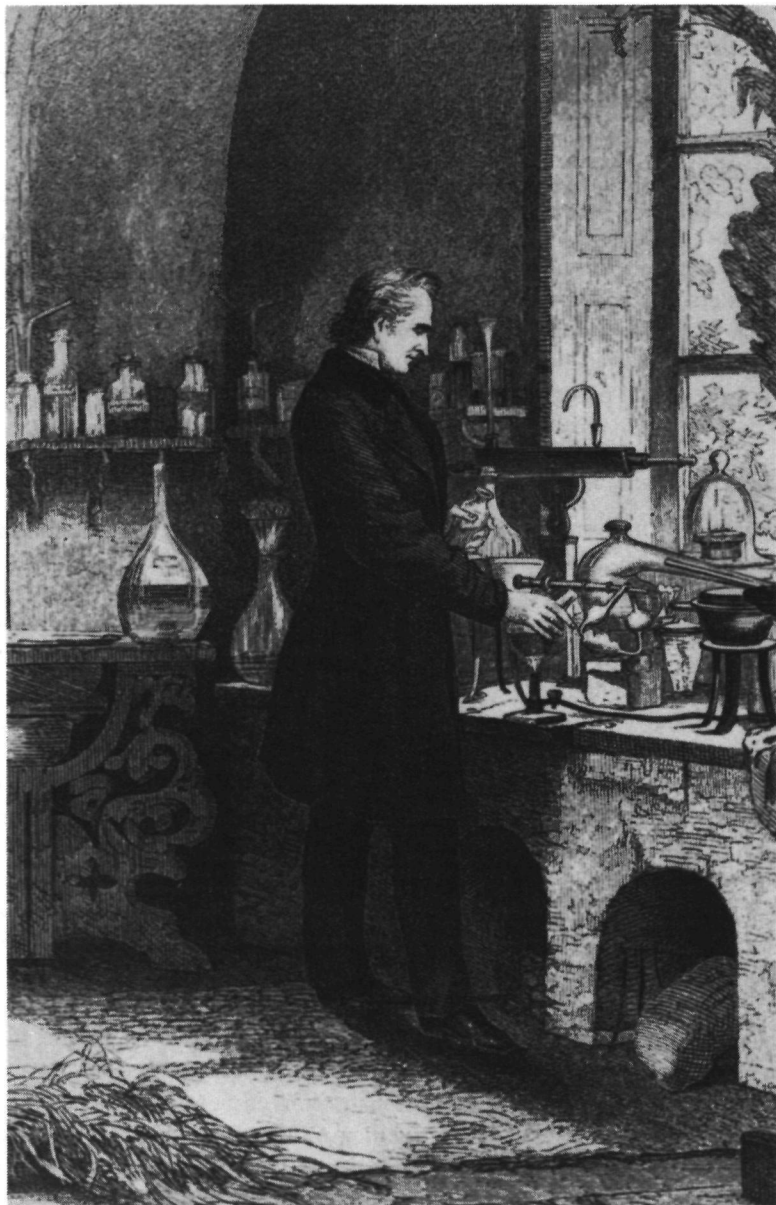
worden dat de farmaceutische opleiding in een bepaalde fase ook personen afleverde die in 'chemische functies' terechtkwamen, bijvoorbeeld in de industrie. Om die reden de apotheker het 'Stammberuf' van de chemicus te noemen getuigt van een weinig precies taalgebruik en het veronachtzaamt te veel dat er ook andere opleidingsroutes tot die 'chemische functies' waren die geheel losstonden van de farmacie.

Voordat ik in de volgende paragraaf aangeef welke consequenties deze kritiekpunten hebben gehad voor de opzet van mijn onderzoek, behandel ik een tweede proefschrift dat het ontstaan van het beroep van chemicus tot onderwerp had: Ulrike Kösters, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers - seine Entstehung und Entwicklung während des 19. Jahrhunderts im deutschsprachigen Raum' uit 1984. In tegenstelling tot Gustins dissertatie is dit Oostduitse proefschrift vrijwel geheel onbekend gebleven.

### *Drie fasen in de beroepsontwikkeling*

Kösters proefschrift bestaat uit een theoretische inleiding waarin zij een, naar zij zelf zegt, marxistisch-lenistische visie op de professionalisering van wetenschappelijke disciplines ontwikkelt, gevolgd door een drietal inhoudelijke hoofdstukken waarin drie fasen in de ontwikkeling van het beroep van chemicus in Duitsland behandeld worden.<sup>87</sup> Deze indeling in fasen ontleent zij enerzijds aan een stadiatheorie van haar promotor Guntau over de ontwikkeling van wetenschappelijke disciplines,<sup>88</sup> anderzijds aan een fasering van het industrialisatieproces in Duitsland. Vooral op grond van dat laatste criterium - en geïnformeerd door de ook hierboven behandelde literatuur over de beroepsontwikkeling van de chemie - komt Köster ertoe de ontwikkeling op te splitsen in een 'Initial- oder Initiativphase' van 1785 tot 1830 waarin de wetenschappelijke en industriële problemen nog door 'Nebenberufschemiker' werden opgelost, een fase van de 'Formierung der chemischen Profession' (1830-1870) en een fase van de 'Konsolidierung des akademischen Chemikerberufes' (1870-1900). Voor iedere fase worden in aparte paragrafen behandeld (1) de situatie in de chemische industrie, (2) het chemische onderwijs aan de universiteiten, (3) het communicatiepatroon binnen de chemische wetenschap, in de vorm van tijdschriften en genootschappen, en (4) de functies waarin chemici werkten en hun sociale positie.

De theoretische inleiding over professionalisering en het ontstaan van beroepen is veelbelovend. Köster maakt, in tegenstelling tot Gustin, een scherp onderscheid tussen beroepen en functies en is zich goed bewust van het dialectische samenspel tussen individuele acties en maatschappelijke factoren in veranderingsprocessen. Tot een duidelijk onderzoeksplan leidt dit echter niet. Industriële-, professionele-, wetenschappelijke- en onderwijs-ontwikkelingen worden per periode gescheiden afgewerkt, zonder dat er verbanden zichtbaar worden. Afgezien van een analyse van de groep auteurs van chemische publicaties die vermeld zijn in Poggendorffs *Biographisches-literarisches Handwörterbuch*, is Kösters studie slechts op een beperkte hoeveelheid secundaire bronnen gebaseerd, waaronder de proefschriften



**Afb. 2:** Justus von Liebig (1803-1873) omstreeks 1866 in het in 1852-1853 voor hem gebouwde laboratorium van de *Bayerische Akademie der Wissenschaften* te München. Dit laboratorium bevatte een grote collegezaal ten behoeve van de studenten van de Münchense universiteit en het hier afbeelde onderzoekslaboratorium, maar geen onderwijslaboratorium voor studenten. Liebig had bij zijn vertrek uit Giessen in 1852 bij de Beierse regering bedongen dat hij voortaan geen praktisch laboratoriumonderricht meer zou hoeven geven (*Deutsches Museum, München*).

van Hufbauer en Gustin. Inhoudelijk komt het verhaal van Köster echter veel dichter bij het klassieke verhaal van Ben-David en Mendelsohn in de buurt dan bij de analyse van Gustin. De kritische afstand tot Liebigs eigen uitspraken, die bij Gustin wel aanwezig was, ontbreekt geheel. Het gevolg hiervan is een paradoxale verhaalstructuur met een inleiding waarin, volgens goed marxistisch recept, veel nadruk op de invloed van de industriële revolutie wordt gelegd, terwijl in het inhoudelijke verslag van de historische ontwikkelingen alle nadruk op de heroïsche figuur van Liebig valt, die 'eine neue Ära der Chemikerausbildung (einleitete)' omdat hij als eerste de 'Notwendigkeit einer qualifizierten Chemikerausbildung zur Ausübung des Berufes erkannt hatte'.<sup>89</sup> Waarom het Liebig was die deze 'Notwendigkeit' als eerste ontdekte wordt evenwel op geen enkele wijze met zijn biografische achtergronden, noch met zijn institutionele positie, noch met de thema's die de Duitsers omstreeks 1840 bezighielden in verband gebracht. Liebig voldeed simpelweg aan de 'Anforderungen der Zeit'.<sup>90</sup>

Over de implicaties die deze innovatie met betrekking tot de 'Chemikerausbildung' voor het beroep van chemicus had is Köster niet eenduidig. Enerzijds wordt van Liebig gezegd dat hij de eerste was die 'Chemiker ausbildete, nicht Apotheker oder Präparatenhersteller', anderzijds dateert zij de beslissende stap in de professionalisering van de chemie pas rond 1870, toen de jonge kleurstofindustrie wetenschappelijk opgeleide chemici nodig had, en schetst zij de periode 1840-1870 als een tijd waarin er in de industrie nog nauwelijks chemici nodig waren.<sup>91</sup> Hierdoor wordt het niet erg duidelijk welke 'Anforderungen' de tijd rond 1840 had.

### 1.3 De polytechnische chemici: de opzet van het boek

Uit het hierboven gegeven historiografische overzicht blijkt dat de meeste auteurs het erover eens zijn dat de periode rond 1840 een cruciale episode was in het ontstaan van het beroep van chemicus en dat de Giessense hoogleraar in de chemie Justus Liebig, op wat voor manier dan ook, een belangrijk aandeel had in dit beroepsvormingsproces. De verbanden die in de literatuur tussen het beroep van chemicus, de opleiding tot chemicus, en de 'chemische functies' gelegd zijn, zijn echter verre van eenduidig. Sommige auteurs, zoals Crosland en Gustin, die vooral oog hebben voor de insitutionalisering van de chemie lijken te stellen dat er voor 1840 al wel beroepschemici waren, maar nog geen opleiding tot chemicus. Anderen, zoals Ben-David, Turner en Köster, dateren de start van de opleiding tot chemicus eveneens omstreeks 1840, maar zien hierin nog niet het begin van een nieuw beroep. Dat ontstond volgens hen pas tussen 1860 en 1870 toen de kleurstofindustrie wetenschappelijk geschoolde organisch-chemici nodig had. Zulke onduidelijkheden maken een hernieuwde analyse van de beroepsvorming op het gebied van de chemie gewenst.

Een tweede reden om dit onderwerp opnieuw op te pakken vormen de verkla-

ringen die tot nu toe zijn aangereikt. In geen enkele van de hierboven behandelde publikaties zijn industriële, sociale en wetenschaps-interne ontwikkelingen werkelijk met elkaar in verband gebracht. Het bleef bij een naast elkaar behandelen van deze factoren, of bij een te simplistische uitwerking van slechts één 'oorzakelijk' verband.

Een van de belangrijkste oorzaken voor die tegenstrijdige dateringen en het gebrek aan bevredigende verklaringen vormt ongetwijfeld de moeilijkheid om de meest geschikte 'afhankelijke variabele' te kiezen in situaties waarin een beroep zich nog niet heeft gevormd. De klassieke professionaliseringsstudies hebben het wat dat betreft gemakkelijker, omdat zij een georganiseerde beroepsgroep tot onderwerp van studie kunnen nemen. In paragraaf 1.1 en in de inleiding van dit hoofdstuk heb ik betoogd dat voor de studie van het ontstaan van het beroep van chemicus *waarvan de beoefenaren in veel verschillende functie werkzaam zijn*, het om theoretische en bronnentechnische redenen de meest strategische keuze is om het chemische onderwijsstelsel als de afhankelijke variabele te kiezen. De gecursiveerde conditie is in dit verband essentieel. Als beroep en functie grotendeels samenvallen, zoals bij de apotheker of de machinist, is het uiteraard noodzakelijk ook gedetailleerd naar de evolutie van die ene functie te kijken.

De bestudering van het onderwijsstelsel vanuit het perspectief van de beroepsontwikkeling vereist natuurlijk wel dat men het onderwijs primair vanuit zijn functie als beroepsvoorbereiding beschouwt. Dat wil zeggen dat er nauwkeurig onderzocht moet worden voor welke functies en beroepen het onderwijs bestemd was, zowel wat betreft de doelstellingen van het chemische onderwijs, als in relatie tot de feitelijke organisatie en inhoud van het programma. In de hierboven genoemde literatuur is er doorgaans meer aandacht geweest voor het onderwijs als een arbeidsmarkt voor (hoog)leraren, dan voor de doelstellingen en inhoud van het curriculum. In de komende hoofdstukken zal ik trachten de balans op dat punt te herstellen.

### *De 'polytechnische chemici'*

Dat ik voor het polytechnische chemie-onderwijs als onderwerp van onderzoek gekozen heb heeft twee redenen. Reeds in de inleiding heb ik aangegeven dat de belangrijkste reden voor mijn keuze voor dit onderwijstype in de nauwe verbinding tussen deze scholen en de nijverheid gelegen was. Vanaf hun oprichting aan het begin van de negentiende eeuw waren deze scholen vooral bestemd voor het onderwijs aan ambachtslieden en fabrikanten en vormden ze een integraal onderdeel van de politiek van de Duitse staten om de nationale nijverheid op een hoger plan te brengen. Het leervak chemie maakte in alle gevallen vanaf de oprichting deel van het curriculum uit. Na ongeveer 1850 stond het chemische onderwijs aan deze scholen, net als bij de universiteiten toen het geval was, echter niet uitsluitend meer ten dienste van de opleiding tot reeds langer bestaande beroepen, maar was er ook een speciale opleiding voor 'technische chemici'. In de loop van de tweede helft werden de verschillen tussen de polytechnische scholen en de



universiteiten steeds kleiner. Voor de meeste chemische functies, met uitzondering van het professoraat, werden de afgestudeerden van beide instellingen als min of meer gelijkwaardig beschouwd. We hebben dan ook in de tweede helft van de negentiende eeuw met een betrekkelijk homogene beroepsgroep van doen, hetgeen bijvoorbeeld blijkt uit het lidmaatschap van afgestudeerden van beide onderwijsinstellingen van organisaties als de *Deutsche chemische Gesellschaft* en de *Verein deutscher Chemiker*.

Op het gebied van het chemische onderwijs maakten dus zowel de universiteiten als de polytechnische scholen in de loop van de negentiende eeuw een vergelijkbare verandering door, die erop neerkwam dat voor een chemisch curriculum gericht op andere beroepsgroepen dan chemici (medici en farmaceuten, resp. ambachtslieden en fabrikanten), een speciaal studieprogramma voor chemici in de plaats kwam. Het lijkt grote voordelen te hebben om dit transformatieproces aan de hand van de polytechnische scholen te bestuderen omdat door hun plaats in het Duitse onderwijslandschap verwacht mag worden dat een veel duidelijker verband gelegd zou kunnen worden met ontwikkelingen in de nijverheid, dan dit voor de universiteiten het geval zou zijn.

Een tweede reden om juist het chemische onderwijs aan deze scholen te bestuderen vormde het gegeven dat hier een volkomen braakliggend terrein van onderzoek lag. Naast de universiteiten waren de polytechnische scholen het enige Duitse schooltype waaraan een opleiding tot chemicus ontstond, maar de wijze waarop dat gebeurde was nog nooit onderwerp van studie geweest. Alleen de chemische opleidingen na 1870 zijn onderwerp van onderzoek geweest.<sup>92</sup> Terwijl er voor de veel bestudeerde geschiedenis van het Duitse universitaire chemische onderwijs weinig zicht was op het aanboren van nieuwe bronnen, lag er in de geschiedenis van het polytechnische chemische onderwijs een uitgelezen mogelijkheid om een perspectief op de geschiedenis van onderwijs en beroep te ontwikkelen dat nieuwe gezichtspunten zou kunnen bevatten en ook de rol van de universitaire chemicus Justus Liebig in een bredere context zou plaatsen.

Bij het onderzoek naar de geschiedenis van het polytechnische chemische onderwijs staan, zoals aangegeven, die aspecten centraal die in verband gebracht kunnen worden met de maatschappelijke arbeidsdeling en de beroepsstructuur. Op welke 'doelgroepen' richtte het chemisch onderwijs zich? Tot welke beroepen leidde het polytechnische (chemisch) onderwijs op? Ging het hier om onderwijs aan 'chemici'? Wat zijn de verschillen tussen het (chemische) curriculum dat, bijvoorbeeld, een verver moest doorlopen en dat van de chemicus? Welke kenniselementen constitueerden dit nieuwe beroep?

Waar nodig zal daarbij naar de ontwikkelingen in het universitaire onderwijs verwezen worden. Het polytechnische chemische onderwijs ontwikkelde zich niet in een isolement. De hoogleraren waren veelal afkomstig van de universiteiten en zij reageerden op de veranderingen die daar plaatsvonden. Op hun beurt reageerden de universiteiten op gebeurtenissen binnen het polytechnische onderwijs. Voor de geschiedenis van het universitaire chemische onderwijs kan van de in de vorige paragraaf behandelde literatuur gebruikt worden gemaakt.

Het boek is in twee delen ingedeeld. De kern van het eigenlijke onderzoek vormt het tweede deel (hoofdstuk 5 t/m 9) dat de periode 1800-1850 betreft. Daaraan vooraf gaat een deel over de voorgeschiedenis van het polytechnische- en het technisch-chemische onderwijs. Dat het startpunt van het eigenlijke onderzoek omstreeks 1800 begint heeft, uiteraard, te maken met het gegeven dat toen de oprichting van polytechnische scholen in Duitsland en Oostenrijk zijn aanvang nam. De jaren 1850 vormen het eindpunt van mijn studie. Op alle universiteiten en polytechnische scholen waren toen chemische opleidingen van de grond gekomen en speciale onderwijslaboratoria opgericht. Ook verschenen toen de eerste brochures over de chemie-studie die eveneens een inzicht geven in de arbeids(markt)situatie op het gebied van de chemie.

Naast de keuze van de bestudeerde periode worden hieronder de geografische afbakening van het onderzoek, de gebruikte bronnen en de wijze waarop deze zijn geanalyseerd nader toegelicht.

### *'Duitsland'*

De geografische grenzen van mijn studie vallen niet samen met de grenzen van het Duitse Keizerrijk van na 1871. Ze omvatten ook de Duitstalige delen van het Habsburgse rijk en het Duitstalige deel van Zwitserland. Hoewel vele debatten over de bloei van het Duitse chemische onderwijs, vooral in samenhang met het economische succes van de Duitse chemische industrie, vrijwel steeds over het beperkte Duitsland van het (latere) Keizerrijk gingen, zijn er goede redenen voor de keuze van deze ruimere geografische afbakening.

Voor alles dient geconstateerd te worden dat er geen dwingende reden is die tot één bepaalde afgrenzing van de geografische eenheid 'Duitsland' voert, in de periode tussen de ontbinding van het Heilige Roomse Rijk in 1806 en de proclamatie van het Keizerrijk in 1871. Vanaf het Weense congres in 1815 vormden 39 staten en vrijsteden, inclusief Oostenrijk, samen de Duitse Bond. In 1834 besloten 18 van deze staten de onderlinge in- en uitvoerbeperkingen op te heffen en samen te werken binnen de *Zollverein*. In de jaren daarna traden nog meer Duitse staten toe. Oostenrijk bleef evenwel buiten deze Tolunie. Vanaf 1867 vormden de Noordduitse staten tesamen de de Noordduitse Bond, onder leiding van Pruisen. Er bestonden dus tussen 1800 en 1870 verschillende, elkaar gedeeltelijk overlappende, bovenstatelijke Duitse politieke en economische configuraties waarvan er geen, gegeven de door mij gekozen thematiek, de 'natuurlijke' voorkeur heeft.

Alle 39 staten en vrijsteden waren politiek autonoom, hadden hun eigen economische en juridische regels en hun eigen onderwijssysteem. Voor de onderzoeker van het Duitse polytechnische onderwijs in de periode 1800-1870 gaat het, mijns inziens, om de keuze tussen twee alternatieven: of zich te beperken tot de situatie in een enkele staat, of het gehele Duitstalige gebied in ogenschouw te nemen. In mijn geval lag de laatste keuze voor de hand. Er was voor de aanvang van het onderzoek geen enkele reden om aan te nemen dat de vorming van het chemische beroep en de veranderingen in het polytechnische onderwijs

zich niet in alle Duitse staten zouden hebben voorgedaan. Evenmin was er een reden om te veronderstellen dat de ontwikkelingen in één bepaalde staat, bijvoorbeeld Pruisen, representatief zouden zijn voor het gehele Duitstalige gebied. Integendeel, op onderwijspolitiek gebied waren de onderlinge verschillen tussen de Duitse staten zeer groot. Vóór te vaak zijn de gebeurtenissen in Pruisen tot maatstaf van de Duitse ontwikkeling genomen, of zorgden historische studies door hun beperking tot deze staat *de facto* voor een vertekend beeld.<sup>93</sup>

Op het gebied van het chemisch onderwijs en de beoefening van de chemie stonden de verschillende Duitstalige gebieden in nauw contact met elkaar. Hoogleraren uit Hessen werden, bijvoorbeeld, beroepen naar Oostenrijk, studenten uit Pruisen reisden naar Saksen of Baden, jongens uit het Rijnland studeerden chemie in Zürich en vonden uiteindelijk werk in de Beierse chemische industrie. Dit soort wisselwerking en onderlinge beïnvloeding is mijn voornaamste reden geweest het gehele Duitstalige gebied tot analyse eenheid te kiezen. In de volgende hoofdstukken zullen voortdurend voorbeelden opduiken die deze onderlinge verwevenheid van het Duitstalige chemische onderwijs onderstrepen.

Wanneer ik het woord 'Duitsland' gebruik, bedoel ik daar doorgaans het gehele Duitse taalgebied mee. In de negentiende eeuw was dit niet ongebruikelijk. Zo behandelt H.F. Kilian in zijn *Die Universitäten Deutschlands* (1828) ook de universiteiten te Bazel, Wenen en Praag.

### *De gebruikte bronnen en hun analyse*

Er is een uitgebreide secundaire literatuur over het Duitse polytechnische onderwijs, die zich weliswaar niet specifiek op de chemie richt, maar die voldoende aanknopingspunten biedt om inzicht te krijgen in de onderwijsprogramma's, in de groepen leerlingen waarvoor deze scholen bestemd waren en in de veranderingen die deze scholen in de eerste helft van de negentiende eeuw doormaakten. Deze literatuur heeft het uitgangspunt van mijn onderzoek gevormd.<sup>94</sup>

Op basis van deze literatuur en negentiende eeuwse bronnen was het mogelijk een (vrijwel) volledige overzicht te maken van alle polytechnische scholen die tussen 1800 en 1850 in het Duitse taalgebied hebben bestaan, en van de docenten die in deze periode aan die scholen het vak chemie hebben gedoceerd.<sup>95</sup> Op basis van deze lijst met chemie-docenten kon een uitvoerig bio- en bibliografisch onderzoek ondernomen worden. Dit resulteerde enerzijds in een 'collectieve biografie' van de docenten, die ik op verschillende plaatsen in mijn betoog heb gebruikt.<sup>96</sup> Anderzijds leverde dit informatie op over de leerboeken die ten bate van het polytechnische chemische onderwijs geschreven werden, en zo over de inhoud van het onderwijs en de visies die eraan ten grondslag lagen.

Deze summiere aanduiding van het bronnenmateriaal laat reeds zien dat ik er vooral naar gestreefd heb een breed overzicht te geven van de opleiding van 'chemische ambachtslieden' en 'chemici' aan de Duitse polytechnische scholen als collectief, niet naar een diepgaande verhandeling over één instituut, of één staat. Mij stond een synthese voor ogen van de secundaire literatuur, aangevuld met

negentiende eeuwse gepubliceerde bronnen en ondersteund door de collectieve biografie van het docentenkorps. Een van de grootste nadelen van de meeste literatuur over de ontwikkeling van de Duitse chemiebeoefening in de eerste helft van de negentiende eeuw is het anekdotische karakter ervan. Sommige instituten, bijvoorbeeld dat van Liebig, krijgen alle aandacht; over hoe het elders in Duitsland met het chemisch onderwijs gesteld was verneemt de lezer vrijwel niets.<sup>97</sup> De hier gekozen integrale aanpak maakt het mogelijk op een betrouwbare wijze te beoordelen op welke polytechnische scholen zich voor het eerst belangwekkende vernieuwingen voordeden. Deze scholen kunnen vervolgens meer in detail worden onderzocht.

Dat, afhankelijk van beschikbare voorstudies en gepubliceerde bronnen, sommige polytechnische scholen door mij veel uitvoeriger behandeld konden worden dan andere is een onvermijdelijk gevolg van deze synthetiserende werkwijze. Enkele belangrijke structurele kenmerken van de organisatie van het onderwijs - zoals het aantal chemische leerstoelen per school, de mate van disciplinaire specialisatie in de formulering van de leeropdrachten en de oprichting van onderwijslaboratoria - konden evenwel over (vrijwel) de gehele linie achterhaald worden. Juist door het opstellen van de collectieve biografie konden een aantal nadelen die een onevenwichtige verdeling van het bronnenmateriaal over de scholen zou kunnen hebben, ondervangen worden. Met betrekking tot de precieze inhoud van de curricula was het moeilijker om over alle scholen informatie te vinden. Het beste materiaal was beschikbaar met betrekking tot de scholen in Wenen en Stuttgart en, in een wat mindere mate, tot die in Karlsruhe en Berlijn. Relatief onbekend bleef het onderwijs aan de Beierse polytechnische scholen te Augsburg, München en Neurenberg. Onderzoek naar het chemisch onderwijs aan deze scholen op basis van archiefmateriaal vormt een desideratum.

Bij het ordenen van mijn materiaal heb ik twee elkaar aanvullende invalshoeken gehanteerd: een 'institutionele' en een 'conceptuele'. Institutioneel is de nadruk die ik gelegd heb op de plaats van de polytechnische scholen in het totale onderwijsbestel, op de interne organisatie van de scholen (afdelingen, klassen), op de wijze waarop het lesaanbod was georganiseerd ('Lernfreiheit', klassikaal, beroepsgerichte adviesprogramma's e.d.), de splitsing van leerstoelen en de oprichting van laboratoria. Vooral op basis van zulke structurele kenmerken van de scholen als instituties heb ik de door mij bestudeerde periode verder onderverdeeld en mijn hoofdstukindeling gekozen. Daarbij ging het niet alleen om een statische indeling in fasen, maar vooral ook om een analyse van de veranderingsprocessen. Hierboven heb ik reeds uiteengezet dat de institutionele geschiedenis, mits in dit geval in de context van het gehele onderwijsstelsel geplaatst, een geschikte methode is om het samenspel tussen de handelingen van concrete actoren (in dit geval de leraren en schooldirecties) en structurele maatschappelijke processen te onderzoeken.

Daarnaast is er bijzondere aandacht besteed aan de denkbeelden die de verschillende betrokkenen hadden over het polytechnische onderwijs, ondermeer door hun taalgebruik te analyseren. Welke begrippen gebruikten zij als zij schreven en

debatteerden over de 'chemicus' en over zaken als de doelstellingen van het chemisch onderwijs, de relatie tussen wetenschap en techniek en de verhouding tussen onderwijs en ambacht? Zulke vragen zijn het centrale thema van mijn tweede hoofdstuk, waar ik de (voor)geschiedenis van het taalgebruik rond de 'chemicus' analyseer. Ze spelen evenwel ook in de daarop volgende hoofdstukken een rol.

Enerzijds vormt een zorgvuldige aandacht voor de taal van de tijdgenoten een onmisbaar tegengif tegen de anachronistische terugprojectie van onze hedendaagse begrippen. Anderzijds, zo hoop ik te laten zien, geeft een conceptuele analyse belangrijke informatie over de sociale verhoudingen waaronder de beoefening van de chemie plaatsvond. Begrippen zijn meestal óók demarkaties die objecten, maar evenzeer sociale groepen, van elkaar afgrenzen. Het meest duidelijk wordt dat in hoofdstuk 7, waar de opkomst van het begrip 'hoger technisch onderwijs' behandeld wordt.<sup>98</sup>

### *De opzet van het boek*

De vraag naar de rol die polytechnische scholen speelden in de evolutie van de chemiebeoefening tot een modern beroep, behandel ik in de volgende hoofdstukken voornamelijk chronologisch.

Eerst wordt er in deel I van het boek (de hoofdstukken 2, 3 en 4) aandacht besteed aan de voorgeschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs en de beroepsmatige uitoefening van de chemie. De Duitse term 'Chemiker' - de term waarmee in de tweede helft van de negentiende eeuw de beroepschemici werden aangeduid - stamt af van een aantal verwante termen, waarvan de spellingsontwikkeling te volgen is vanaf de vijftiende eeuw. Reeds eeuwen voordat de polytechnische scholen werden opgericht was er dus reeds sprake van 'chemici'. In hoofdstuk 2 stel ik de vraag aan de orde of zulke 'chemici' ('Alchimisten', 'Chymici', 'Chymisten' etc.) reeds beroepsmatig met de chemie bezig waren. Ook andere beroepen die zich in belangrijke mate op het terrein van de chemie begaven passeren daarbij de revue.

In veel literatuur over de Duitse polytechnische scholen wordt gesteld dat de Duitse scholen werden opgericht in navolging van de Parijse *École polytechnique*. Deze reconstructie van het historisch verloop heeft directe consequenties voor mijn probleemstelling, omdat men op grond daarvan kan betogen dat reeds de oprichting van de Duitse polytechnische scholen (ca. 1815-1835) de start van beroepsopleidingen voor technische chemici inluidde.<sup>99</sup> De redenering is dat de *École polytechnique* het eerste opleidingsinstituut voor professionele wetenschapsmensen - waaronder chemici - in Europa was en dat de Duitse polytechnische scholen 'kopieën' waren van het Franse model. In de hoofdstukken 3 en 4 laat ik zien dat beide stappen in de redenering onhoudbaar zijn. Daarnaast wordt in hoofdstuk 3 uitvoerig aandacht besteed aan de ontwikkeling van het Duitse technisch-chemische onderwijs in de achttiende eeuw. Op de didactische methoden en schooltypen die toen ontwikkeld werden bouwden de polytechnische scholen

later voort.

Vervolgens komt in deel II (hoofdstuk 5 t/m 9) de eigelijke geschiedenis van het polytechnische chemische onderwijs aan bod. In de hoofdstukken 5 en 6 behandel ik de oprichting van de eerste polytechnische scholen in het Duitse taalgebied en de rol die Verlichtingspedagogische denkbeelden daarbij speelden. De continuïteit met de egalitaire principes van de laat-achttiende eeuwse didactiek treffen we duidelijk aan in het denken van de invloedrijke technoloog en pedagoog Johann Joseph Precht, oprichter van de Weense polytechnische school (1815). Bedoeld voor alle lagen van de burgerij - van hoog tot laag! - richtte hij het onderwijs zo in, dat een goede aansluiting werd verkregen bij de bestaande ambachtelijke beroepenstructuur. Andere Duitse scholen volgden dit voorbeeld. Hoewel het vak chemie één van de gedoeerde vakken was aan deze scholen, was er aanvankelijk, zo stel ik in hoofdstuk 6, geen sprake van een opleiding tot (technisch) chemicus. Pas na 1830 kwam hier verandering in.

Tussen 1830 en 1860 veranderde het polytechnische chemische onderwijs van een cursus voor fabrikanten, ambachtslieden en ingenieurs in een samenhangende opleiding voor industriële chemici. De jaren 1840-1850 vormden de meest cruciale fase van dit transformatieproces. In de hoofdstukken 7, 8, en 9 onderzoek ik de oorzaken van deze omwenteling van het polytechnische chemie-onderwijs en laat ik zien dat verschillende veranderingen in elkaar grepen.

In hoofdstuk 7 behandel ik de splitsing tussen 'hoger' en 'lager' technisch onderwijs, die na 1830 werd doorgevoerd en de gevolgen die dit had voor de plaats van de polytechnische scholen binnen het gehele onderwijstelsel. Één van de gevolgen was de toenemende nadruk die op de *wetenschappelijkheid* van het polytechnische onderwijs werd gelegd. Dit bracht de polytechnische scholen - zeker op het gebied van de chemie - in aanvaring, althans in wisselwerking, met het onderwijs aan de universiteit. In hoofdstuk 9 tracht ik de publicitaire activiteiten van Liebig tegen deze achtergrond te plaatsen en onderzoek ik de gevolgen van zijn acties voor het chemisch onderwijs aan de polytechnische school. Bovendien wordt in hoofdstuk 9 aandacht besteed aan de veranderingen in de oriëntatie van het polytechnische chemische onderwijs tussen 1830 en 1850, waarbij er voor een technologische gerichtheid een disciplinair-chemische in de plaats kwam.

In hoofdstuk 8 is een aparte plaats ingeruimd voor de ontwikkeling van de analytische chemie en wordt met name aandacht besteed aan de geschiedenis van het onderwijs in deze chemische deeldiscipline. Zoals in § 1.1 is aangegeven, wordt het domein van een bepaald beroep vooral bepaald door de voor dat beroep karakteristieke maatschappelijk genormeerde en geïnstitutionaliseerde 'bundel van vaardigheden'. Ook professies kenmerken zich bovenal door de specifieke expertise waarover ze beschikken. In hoofdstuk 8 zal worden uiteengezet dat kennis en vaardigheden op het gebied van de analytische chemie het cruciale element gingen vormen waarmee de zich constituerende beroepsgroep van chemici zich van andere beroepsgroepen ging onderscheiden. Hoewel die analytische chemische kennis en vaardigheden aanvankelijk alleen essentieel waren voor

chemische onderzoekers en voor de opkomende groep personen die in de industrie of voor de overheid als 'Analytiker' werkten, maakte de invoering van de analytische chemie in de universitaire en polytechnische curricula dat dit vakgebied als het ware de 'kristallisatiekern' vormde waaromheen het beroep van chemicus zich uitkristalliseerde. Ook chemici die in de functie waarin ze waren aangesteld op zich weinig met de chemische analyse te maken hadden, onderscheidden zich op basis van hun vooropleiding op dat gebied van de representanten van andere beroepen.

Resultaat van zowel de steeds toenemende disciplinaire gerichtheid van het polytechnische chemische onderwijs als geheel (hoofdstuk 7 en 9), als van de specifieke ontwikkelingen op het gebied van de analytische chemie (hoofdstuk 8), was het ontstaan van speciale curricula voor toekomstige chemici en de bouw van laboratoria waar deze studenten hun training dienden te ontvangen. Deze cruciale fase in de ontwikkeling van het polytechnische onderwijs, die nauw samenhang met het ontstaan van de nieuwe 'Chemiker von Fach', komt in de slotparagrafen van hoofdstuk 9 aan bod.

In een slotbeschouwing (hoofdstuk 10) besteed ik tenslotte kort aandacht aan de verdere ontwikkeling van het polytechnische en universitaire chemische onderwijs, aan het feit dat beide opleidingsroutes steeds meer naar elkaar toegroeiden en aan de vorming van beroepsorganisaties op het gebied van de chemie. Afrondend wordt dan een beschrijving gegeven van de fasen die de beroepsontwikkeling op het gebied van de chemie doormaakte, en worden verklaringen voor deze ontwikkeling gesuggereerd op basis van mijn analyse van de geschiedenis van het polytechnische onderwijs. Deze verklaringen worden vergeleken met de inzichten die door Gustin, Hickel, Possehl en Turner naar voren zijn gebracht en maken het mogelijk om de 'eigenaardigheden' van de Duitse chemische beroepsgroep te vergelijken met die van hun vakbroeders in Engeland en Frankrijk. Ook in die twee landen ontstond in de hier besproken periode het beroep van chemicus, maar onder andere omstandigheden en met andere resultaten. De in dit boek gepresenteerde analyse van het ontstaan van het beroep van industrieel-chemicus in Duitsland leert ons niet alleen iets over het ontstaan van het beroep van chemicus in het algemeen, maar vooral ook over de specifieke kenmerken van de chemische beroepsgroep onder de sociale, politieke en economische omstandigheden die er heersten in Duitsland in de eerste helft van de negentiende eeuw.





Deel I  
Chemici en het technisch-chemische  
onderwijs tot de oprichting van de  
eerste Duitse polytechnische  
scholen



**Afb. 3:** Ovens namen een centrale plaats in het alchemistische laboratorium in. Deze miniatuur uit 'Janus Lacinius', een geïllustreerd handschrift uit 1577-1583, toont een vermoedelijk adellijke of gegoede alchemist aan het 'Grote Werk'. De zonnewijzer en de zandloper wijzen op samenhangen tussen de alchemie en de astrologie (*Germanisches Nationalmuseum, Neurenberg*).

# CHYMICI, CHYMISTEN EN SCHEIDEKÜNSTLER. DE CHEMIE EN HAAR BEOEFENAREN TOT HET EINDE VAN DE ACHTTIENDE EEUW

Lang voordat de polytechnische scholen ontstonden en lang voordat er speciale opleidingen voor 'Chemiker von Fach' waren ingericht, was er in Duitsland reeds sprake van personen die zich 'Alchimist', 'Chymicus', 'Chymist' of 'Chemiker' noemden. Wat voor lieden waren dit? Verwezen deze benamingen naar onbetrouwbare goudmakers, naar teruggetrokken bedrijvers van occulte wetenschappen, naar respectabele amateuronderzoekers die zich wijdden aan de chemische wetenschap, naar ambachtslieden in chemische fabrieken, of ging het mogelijk zelfs om 'beroepschemici', voor wie de beoefening van de chemie een dagelijkse bezigheid was waarmee zij in hun levensonderhoud voorzagen? De bestaande literatuur over de geschiedenis van de chemie laat een veelheid aan mogelijkheden open en roept, door tegenspraken en onduidelijkheden, verschillende vragen op. Dit komt enerzijds doordat verschillende historische studies mank gaan aan anachronistische vertekeningen, mede veroorzaakt doordat daarin de huidige grenzen van de chemische discipline in het verleden worden teruggeprojecteerd.<sup>1</sup> Anderzijds hangt de veelheid antwoorden op de vraag wie die 'chemici' waren samen met het feit dat de aard van chemiebeoefening en de inhoud en omvang van het werkterrein van de chemie in de Middeleeuwen en de vroegmoderne periode in een proces van voortdurende verandering verkeerden. Hand in hand daarmee veranderden de begrippen en termen waarmee men deze activiteiten omschreef.<sup>2</sup>

In het huidige hoofdstuk worden de belangrijkste fasen in de ontwikkeling van de chemiebeoefening tot het einde van de achttiende eeuw geschetst. Ik heb daartoe als specifieke invalshoek de evolutie van de terminologie en schrijfwijzen rond de 'chemie' en de 'chemicus' gekozen, waarbij de nadruk valt op de ontwikkelingen binnen het Duitse taalgebied. Mijn aanvankelijke motief was daarbij de overtuiging dat een zorgvuldige analyse van de taal waarin de betrokkenen over hun werkterrein schreven een onmisbare voorwaarde vormt voor de interpretatie van bronnenmateriaal en een van de waarborgen is voor het gevaar van een anachronistische vertekening. In de loop van mijn onderzoek bleek echter steeds duidelijker dat de verschillende veranderingen die plaats vonden in de schrijfwijze en de terminologie waarmee de 'chemie' en de 'chemicus' werden aangeduid, nauw samenhangen met veranderingen in de aard en oogmerken van de

chemiebeoefening zelf. Veranderingen in de terminologie op chemisch gebied kunnen daarom, zo werd mijn werkhypothese, gebruikt worden om ontwikkelingen op het terrein van de chemiebeoefening op het spoor te komen. Dit hoofdstuk doet van dat onderzoek verslag. Doel is daarbij de lezer een overzicht te bieden van de geschiedenis van de chemiebeoefening tot het einde van de achttiende eeuw, uitmondend in een behandeling van de vraag of - en in welke zin - deze beoefening van de chemie in de behandelde periode als een beroep kan worden opgevat.

In de eerste twee paragrafen wordt het fundament voor de behandeling van die vraag gelegd. Ik presenteer daarin een overzicht van de historische semantiek met betrekking tot de Duitse termen 'Chemie' en 'Chemiker' en analyseer verschillende veranderingen in de chemiebeoefening door wijzigingen in het taalgebruik daartoe als een indicator te gebruiken; uiteraard aangevuld met inzichten uit de chemiehistorische literatuur. In die paragrafen maakt de lezer zo kennis met verschillende groepen, beroepen en instituties die in de volgende hoofdstukken een rol zullen spelen. In de eerste paragraaf staat de historische analyse van inhoud en scope van de term 'chemie' centraal. Tot het handelings- en kennisterrein van de chemie behoorden in een of meerdere fasen van zijn ontwikkeling verschillende 'kunsten' en 'kundes'. Men denke daarbij aan de smelt- en gietkunst (metallurgie), de kunst van de destillatie, de scheikunst, de probeer- of essayeurskunst en aan verschillende inzichten en principes op het terrein van de natuurkunde en de experimentele 'natuurfilosofie'. Behandeld wordt op welke van deze kunsten en kundes de term 'chemie' in een bepaalde fase van haar ontwikkeling betrekking had en hoe hierin veranderingen optraden. In de tweede paragraaf kijk ik niet zozeer naar de scope en inhoud van de term 'chemie', maar primair naar de wijze waarop de termen met betrekking tot de chemie en de chemicus geschreven werden. De analyse van de veranderingen die daarin optraden, levert ten opzichte van de behandeling in eerste paragraaf een aantal additionele inzichten betreffende de aard van de chemiebeoefening en de daarbij betrokken groepen en beroepen. De vraag in welke zin de chemiebeoefening reeds voor 1800 een beroep was, vormt, tenslotte, het onderwerp van de derde paragraaf.

## 2.1 De veranderende inhoud van het begrip 'Chemie'

### *Chemie en alchemie*

Voor de moderne lezer heeft de term 'alchemie' een geheel andere betekenis dan de term 'chemie'. Terwijl het laatste begrip geassocieerd wordt met wetenschappelijk onderzoek en betrouwbare kennis, denkt men bij de term 'alchemie' aan een oude geheimzinnige leer volgens welke men een levenselixer probeerde te bereiden, of door middel van de 'Steen der Wijzen' onedele metalen in edele om te zetten. Tot het begin van de zeventiende eeuw waren de termen 'chemie' en

'alchemie' echter, zoals ik hieronder zal laten zien, volmaakte equivalenten van elkaar. Het waren twee woorden voor een en hetzelfde kennis- en handelingsdomein. Dit bleef zo gedurende een groot deel van de zeventiende eeuw.

Dat wil niet zeggen dat er niet reeds vóór de zeventiende eeuw twee tradities binnen de (al)chemie te onderscheiden zouden zijn. Enerzijds was er een handelings- en kennistraditie die een praktische en utilitaristische oriëntatie had - gericht op metallurgische vraagstukken of op de bereiding van geneesmiddelen - en die voorts gekenmerkt werd door een 'publieke' presentatie en kennisoverdracht (scholen, leerboeken e.d.). Anderzijds was er een traditie die gekenmerkt werd door de verbinding die gelegd werd tussen 'chemische' vraagstukken en kosmologische en religieuze thema's, door het gebruik van symbolen en door geheimhouding.<sup>3</sup> Deze tweedeling correspondeerde gedurende lange tijd echter niet met het onderscheid tussen de termen 'chemie' en 'alchemie'!

Na ongeveer 1620 veranderde dit geleidelijk. Woordenboeken en lexica vermeldten weliswaar tot aan het midden van de achttiende eeuw de chemie en de alchemie als elkaars synoniemen,<sup>4</sup> maar meer direct betrokkenen begonnen de alchemie steeds vaker als een onderdeel - en niet als een synoniem - van de chemie te zien.<sup>5</sup> Nog in 1775 vermeldde *Johann Georg Walchs philosophisches Lexicon* beide betekenissen:

Alchymie, Alchemie wird oft in weiterer Bedeutung vor die Chymie oder Scheidekunst genommen; in einen engerm Verstand aber heisset es die Kunst, die Metalle zu verwandeln...<sup>6</sup>

Tot ongeveer 1780 werd er door de grote meerderheid van de chemici aan de principiële mogelijkheid van de transmutatie van metalen ('goud maken') niet getwijfeld. Als de 'goudmakerij' verworpen werd gebeurde dit doorgaans op praktische of morele gronden en niet op basis van natuurwetenschappelijke principes.<sup>7</sup> Voor hen was de alchemie een onderdeel van de chemie.

Enkelen dachten daar anders over. Georg Ernst Stahl (1660-1734) en zijn volgelingen wilden zich nadrukkelijk van de alchemisten onderscheiden. In zijn *Bedencken von der Gold-Macherey* had Stahl in 1726 een scherp conceptueel onderscheid gemaakt tussen de 'Alchymie' en de 'Chymie' en de beide begrippen min of meer in oppositie tot elkaar gebruikt.<sup>8</sup> Het duurde echter tot na 1780 eer deze visie gemeengoed werd onder de chemici. In samenhang met de toen door mensen als Lavoisier en Dalton bewerkstelligde revolutionaire veranderingen in het denken over de aard van de chemische elementen, werd het idee van de metaaltransmutatie binnen de chemie verlaten. Schrijvers van chemische leerboeken zetten zich na ongeveer 1780, evenals andere chemici, fel af tegen de alchemie. Voorgoed wilden zij hun vakgebied van deze historische last bevrijden.<sup>9</sup> Dit is zeker succesvol geweest, want vanaf die tijd gingen de chemie en de alchemie definitief gescheiden wegen.

Vóór het einde van de zeventiende eeuw zijn de termen alchemie en chemie in zo'n grote mate equivalent dat men, gezien het beladen karakter dat de term

'alchemie' voor de moderne lezer heeft, eigenlijk consequent de neutralere term 'chemie' zou dienen te gebruiken. Deze aanpak heeft echter als nadeel dat ze ongebruikelijk is in de historische literatuur.<sup>10</sup> Hieronder hanteer ik daarom de volgende notatie. De schrijfwijze 'alchemie' reserveer ik voor die praktijken waarvan het duidelijk is dat ze in de esoterische traditie staan, in alle andere gevallen gebruik ik - wanneer in de bron de term alchemie voorkomt - de schrijfwijze '(al)chemie'. In letterlijke citaten handhaaf ik uiteraard de in het citaat voorkomende schrijfwijze.

### *(Al)chemie in de Middeleeuwen*

De oudste bronnen waarin het Griekse woord *χημεία* voorkomt stammen uit de tweede en derde eeuw. Over de oorspronkelijke betekenis van de term is in de geschiedschrijving van de scheikunde veel gediscussieerd. Volgens sommigen gaat *χημεία* terug op een Grieks woord dat gieten, met name metaalgieten, betekende. Volgens anderen heeft het woord een Koptische oorsprong en duidt het op Egypte als het 'zwarte land' (zwarte bodem), of op het zwarten van metalen in Egypte. (Al)chemie zou dan 'de Egyptische kunst' betekenen. Ook is wel verondersteld dat het woord een Chinese oorsprong heeft. Zeker is dat een deel van de Griekse chemische kennis inderdaad van de Egyptenaren afkomstig was, dat de 'chemie' vooral metallurgische connotaties had en al vroeg met het maken van goud en zilver in verband werd gebracht.<sup>11</sup>

Meer grond onder de voeten krijgen we wanneer we de Middeleeuwse definities van de (al)chemie bestuderen. Uit de periode tussen 1150 en 1500 zijn verschillende omschrijvingen bekend, die grote onderlinge overeenkomsten vertonen. De volgende omschrijving van de (al)chemie door de dertiende eeuwse geleerde en (al)chemist Roger Bacon kan als voorbeeld dienen:

Het komt erop aan eerst, door middel van de kunst, uit een met aarde vermengd en ruw erts een schitterend metalen lichaam te halen, zoals lood, tin, koper enz. Maar dit is nog maar de eerste stap naar de perfectie, waar het werk van de chemist niet mag ophouden; want er dient nog een manier gezocht te worden om de andere metalen,..., te brengen tot het meest volmaakte soort, goud, ... [met behulp van een] elixer [of] steen der wijzen<sup>12</sup>

Het brede betekenisspectrum van de (al)chemie komt uit deze omschrijving fraai naar voren. Enerzijds behoorden heel praktische activiteiten, zoals het smelten en raffineren van de metalen tot het werkterrein van de (al)chemist.<sup>13</sup> De oude, reeds in Egyptische en Griekse tijden bestaande samenhang tussen de (al)chemie en de 'smeltkunst' of metallurgie, treffen we dus ook in het Middeleeuwse Europa aan.<sup>14</sup> Anderzijds hoorde het streven naar perfectie en vervolmaking, met name geconcretiseerd in de bereiding van het goud, tot het domein van de (al)chemist. Het geheim van het vak bestond er daarbij in, over een werkzaam 'elixir' te beschikken.

Ook in de omschrijvingen uit andere Middeleeuwse bronnen - het lexicon van Suida, andere geschriften van Roger Bacon, de werken van Albertus Magnus,

Thomas van Aquino, Geber en Ripley, en een decreet van paus Johannes XXII - draait het steeds om een beperkt aantal sleuteltermen: 'metalen', 'mineralen', 'goud en zilver', 'bereiding', 'perfectionering', 'veredelings', 'vervolmaking', 'vuur' en 'elixer'.<sup>15</sup> De Middeleeuwse (al)chemie was dus een kunst - een echniek zouden wij zeggen - die gericht was op het 'maken', het 'vervolmaken', van bepaalde produkten, met name op het gebied van de metalen. Aangezien termen als 'perfectionering' en 'vervolmaking', maar ook 'goud' en 'elixer', eveneens in een overdrachtelijke betekenis gebruikt konden worden, omvatten deze definities echter ook de meer esoterische en gnostische aspecten van de alchemie.

Opvallend is het dat bepaalde sleuteltermen - 'scheiden', '(on)zuiver', 'geneesmiddel' en 'analyse' (ontleden in elementen) - die in latere omschrijvingen van het begrip chemie zo'n belangrijke rol zouden spelen, in de hier boven genoemde definities van de (al)chemie niet of nauwelijks aanwezig zijn. Dit kenmerk van het met de Middeleeuwse (al)chemie verbonden vocabulaire biedt mijns inziens de mogelijkheid de contouren van dit kennis- en handelingsterrein scherper te doen uitkomen dan in de literatuur over dit onderwerp gebruikelijk is. Twee stellingen zou ik willen poneren met betrekking tot de technische (in tegenstelling tot de esoterische) zijde van de (al)chemie: (1) de (al)chemie was oorspronkelijk gericht op de produkten van de mijnbouw (*mineralen* en, vooral, metalen) en niet op andere stoffen in de natuur, zoals plantaardige stoffen; en (2) de Middeleeuwse (al)chemie was vooral gericht op het (vervol)maken van metalen, of mineralen, niet op de ontleding ervan. Het was, in moderne termen, een produktietechniek ('synthese') en geen analysetechniek.

In hun simpelheid zijn beide stellingen te gechargeerd, maar niet onverdedigbaar. De latere ontwikkeling van de (al)chemie kan zo beter zichtbaar gemaakt worden.

Daar de meeste Middeleeuwse definities van de (al)chemie verwijzingen naar metalen, met name naar goud of zilver bevatten, kan men de (al)chemie primair als een veredelingskunst van metalen zien. Toch zou het onjuist zijn de praktische (al)chemie op deze beperkte omschrijving te fixeren. Er zijn immers enige Middeleeuwse auteurs (Bacon, Geber, Ripley) die ook op de relevantie van de (al)chemie voor de bereiding van geneesmiddelen wijzen.<sup>16</sup> Een iets ruimere omschrijving, die de (al)chemie verbindt met de verwerking van produkten uit het rijk der mineralen (de mijnbouw) verdient daarom de voorkeur.<sup>17</sup> Zowel toepassingen op metallurgisch als op geneeskundig terrein vallen onder deze omschrijving. Wel kwamen, zoals gezegd, metallurgische connotaties van de term alchemie zeer veel vaker voor.

De geneesmiddelenbereiding uit kruiden vormde de kern van een andere, min of meer los van de (al)chemie staande, activiteit die ik de 'destillatie-traditie' zou willen noemen. Dat hier van een aparte kennis- en handelingstraditie sprake was blijkt niet alleen uit de aanwezigheid van een afzonderlijk literair corpus, maar ook uit het afwijkende taalgebruik waarmee de destillatie beschreven werd. Een voor de latere (al)chemie zo belangrijke frase als 'het scheiden van het zuivere

van het onzuivere' ontbreekt in de Middeleeuwse definities van de (al)chemie. Termen als 'scheiden' en '(on)zuiver' zijn echter karakteristieke begrippen in de vroegste omschrijvingen van de destillatie, binnen de 'destillatie-traditie'.<sup>18</sup> Een kroongetuige voor de stelling dat er in de Middeleeuwen twee verschillende tradities - de '(al)chemie' en de 'destillatie' van plantenextracten - naast elkaar bestonden, vormt de laat-zestiende eeuwse (al)chemist Andreas Libavius. Volgens hem was de (al)chemie van zijn tijd enerzijds het produkt van een alchemistische traditie die terugging op de geschriften van Geber en die zich bezighield met de transmutatie van metalen, anderzijds van een destillatie-traditie waarin, voortbouwend op de geschriften van Ramón Lull, de extractie van de 'quintessence' uit plantaardige materialen centraal stond.<sup>19</sup>

De (al)chemie had dus bovenal de metalen tot object, maar bestreek - dat is mijn tweede stelling - zeker niet het gehele terrein van de (latere) metallurgische chemie. De nadruk lag overduidelijk op het (vervol)maken van metallische substanties, niet op het analyseren ervan. De (al)chemie was een op productie gerichte wetenschap of kunst.<sup>20</sup> Anders dan in de achttiende eeuw toen de metallurgische chemie zowel de smeltkunst als de analytisch-chemische essayeurskunst en docimasia ('probeerkunst') omvatte, vormden in de late Middeleeuwen en in de zestiende eeuw de (al)chemie en het essayeren betrekkelijk gescheiden werelden.<sup>21</sup> Muntmeesters en essayeurs (Duits: 'Probierer') enerzijds en (al)chemisten anderzijds, werden slechts zelden in een adem genoemd. Ze vormden verschillende groepen.<sup>22</sup> De (al)chemie werd in de Middeleeuwen en Renaissance wel verschillende malen 'Schmelzkunst', nooit echter 'Probierkunst' genoemd. Dat er een wereld van verschil lag tussen de (al)chemie en de essayeurskunst blijkt vooral wanneer we kijken naar de verschillende rol die openbaarheid en geheimhouding speelden. Geheimhouding was voor de (al)chemist een centrale waarde. Dit gold zeker voor die alchemisten die deel uitmaakten van esoterische genootschappen, maar ook voor de praktisch gerichte 'schmelzer Alchimist'. De kunstgrepen uit de metallurgie behoorden tot zijn beroepsgeheim. Voor de essayeur lag dit geheel anders. Deze diende zich te houden aan openbare, controleerbare en vaak wettelijk vastgelegde analytische procedures. Terwijl de zestiende eeuwse alchemistische geschriften nog vol staan met symboliek en bewust versluisde geheimen, zijn de boeken over het essayeren van een daarbij vergeleken verbluffende helderheid. In de zestiende eeuw is een hele reeks van deze 'Bergbüchlein' of 'Probierbüchlein' verschenen.<sup>23</sup> Hoewel sommige van deze boeken zich zowel tot de 'Alchimisten' als tot de 'Probierer' richtten, bevatten de meeste een felle aanklacht van de geheime en al dan niet vermeend oneerlijke praktijken van de (al)chemisten.<sup>24</sup>

Deze boeken verschenen in een periode waarin het begrip (al)chemie, onder invloed van revolutionaire ontwikkelingen in de geneeskunde en de metallurgie, een radicale verandering doormaakte. De ontdekking van de minerale zuren (zwavelzuur en vooral salpeterzuur) en hun toenemend gebruik in de vijftiende eeuwse metallurgie betekende een omwenteling in de technologie van de metaal-



bereiding en -zuivering. De (al)chemie maakte zich geleidelijk los van de 'smelt-kunst' en werd steeds meer tot een 'scheikunst'.<sup>25</sup> Door deze technische ontwikkeling, door de kapitalistische expansie van de mijnbouw - die bevorderlijk was voor het ontstaan van een traditie van openheid binnen de metallurgie - en door de toenemende toenadering tussen (al)chemie en de geneeskunst, groeiden de (al)chemie en de metallurgie in de loop van de zestiende eeuw steeds verder uiteen.<sup>26</sup> Pas aan het einde van de zeventiende eeuw zou, door onder andere het werk van Becher, Wedel en Stahl, weer een toenadering tussen beide volgen.<sup>27</sup>

### *De destillatie van plantenextracten in de Middeleeuwen*

De destillatietechniek was reeds in de vroege Middeleeuwen een van de 'operaties' die de (al)chemist in zijn laboratorium ten dienste stond om de Steen der Wijzen te bereiden en metalen te perfectioneren. Het werkterrein van de (al)chemist beperkte zich echter tot het rijk der mineralen. Toen anderen deze destillatietechniek gingen toepassen op het destilleren van niet-minerale, plantaardige substanties ontwikkelde zich daaruit op den duur een afzonderlijke farmaceutische 'destillatie-traditie', die los van de (al)chemie kwam te staan.

Arabishe medici waren de eersten die de destillatie gebruikten buiten de (al)chemistische context en deze toepasten in de geneeskunde en de farmacie.<sup>28</sup> Vervolgens werd in de elfde of twaalfde eeuw in Italië ontdekt dat 'aqua ardens' (=alcohol) door destillatie bereid kon worden. Alcohol werd zelf als geneesmiddel gebruikt, maar ook benut om vluchtige oliën en andere stoffen uit kruiden en planten te destilleren. Deze destillaten, 'waters' genoemd, werden eveneens in de geneeskunst aangeprezen (Lull, De Villanova, De Rupescissa).<sup>29</sup> In de veertiende en vijftiende eeuw begon de produktie van allerhande 'waters', 'oliën', 'elixers' en 'balsems' goed op gang te komen. Honderden verschillende middeltjes werden via destillatie bereid. Er ontstond tussen 1300 en 1500 een zeer heterogeen samengestelde 'destillatie-nijverheid' op basis van plantaardige materialen, die zich grotendeels los van de (al)chemie ontwikkelde.

Eén therapeutische stroming binnen dit heterogene veld, die in de zestiende eeuw een grote invloed op de geneeskunde zou uitoefenen, was schatplichtig aan het streven naar perfectie en vervolmaking van de (al)chemie. Aan de basis ervan stond het veertiende eeuwse geschrift *De consideratione quintae essentiae* van Johannes de Rupescissa.<sup>30</sup> In dit werk benadrukte hij dat via destillatie en sublimatie het zuivere, 'levenskrachtige' principe uit planten, kruiden en mineralen verkregen kon worden. Uit wijngeest (alcohol) en uit andere stoffen - goud ('aurum potabile'), kwik en antimoon - kon de zogenaamde 'quinta essentia' bereid worden.<sup>31</sup> Deze middelen kwamen in de toen gangbare, door de officiële geneeskunde gesanctioneerde Galenische receptuur niet voor. Het groeiende gebruik van deze middelen in de therapie ging hand in hand met een toenemende kritiek op de traditionele geneeskunde.

Aan het begin van de zestiende eeuw verscheen er een aantal 'destilleerboeken' van de hand van de Straatsburgse arts, chirurgijn en apotheker Hieronymus Brunschwygk (of Brunswick), waarin werd voortgebouwd op de ideeën van Rupescissa.<sup>32</sup> Brunschwygks werk stond aan de basis van de gehele, omvangrijke destillatie-literatuur van de zestiende eeuw.<sup>33</sup> Brunschwygk omschrijft de destillatiekunst als volgt:

..das distillieren nichts anders ist/ da das subtil vo dem grobe/ unnd das grob von dem subtilen zu scheiden/ das gebrechlich oder zerstörlich unzerstörlich zu machen/ das materialisch unmaterialisch zu machen/ das leiplich geistlicher zu machen/.. uff das .. leiplich geist durch sein subtilitet dester leichter ....durch dringen und penetrieren mag mit seiner tugende und krafft die darin verborgen und geschenckt ist umb entpfindicheit seiner heilsame würlung in dem menschlichen leib/..<sup>34</sup>

Een aantal zaken vallen de moderne lezer aan deze definitie op. In de eerste plaats het gebruik van termen als lijfelijk en geestelijk in de beschrijving van een in onze ogen zuiver technische operatie. Dit was kenmerkend voor de destillatietraditie. De geschriften van Lull, De Villanova en hun navolgers verraden een sterke invloed van christelijk, gnostisch en neoplatonistisch gedachtengoed. In de loop van de zestiende en zeventiende eeuw zou - door de integratie van de '(al)chemie' en de 'destillatie' - deze invloed van het Christendom, de gnostiek en het neoplatonisme ook aan de (al)chemie worden doorgegeven.<sup>35</sup>

In de tweede plaats is het van belang te constateren dat de definitie van Brunschwygk een aantal elementen bevat die in de loop van de zestiende eeuw in de (al)chemie een grote rol zouden gaan spelen, maar die we in de Middeleeuwse definities van de (al)chemie niet tegenkomen: de kunst van het scheiden en de overgang van het materiële in het immateriële en het lichamelijke in het geestelijke. De scheiding van het 'zuivere' (subtiële), zeer geneeskrachtige, van het 'onzuivere' (grove) en onwerkzame, was het centrale dogma van Rupescissa, Brunschwygk en de andere propagandisten van de destillatie.<sup>36</sup> De destillatie was reeds een 'scheikunst' in de tijd dat de (al)chemie nog primair een 'smelt-kunst' was.

In de derde plaats, tenslotte, is het opvallend dat het geneeskundige doel van de destillatie een integraal onderdeel van de definitie uitmaakt. Ook dit zullen we later in sommige definities van de (al)chemie zien terugkeren.

### *(Al)chemie in de 16de eeuw: de invloed van Paracelsus*

De zestiende eeuw was een periode van grote veranderingen voor de (al)chemie. Terwijl de (al)chemie aan het begin van de zestiende eeuw nog primair omschreven werd als de kunst van de metaalveredeling, was zij een eeuw later geworden tot een universele schei- en verdelingskunst die in beginsel de gehele materiële - en immateriële - werkelijkheid tot werkterrein had.<sup>37</sup> Technische, ideologische en sociale ontwikkelingen grepen daarbij ineen. Het toenemend gebruik van de minerale zuren revolutioneerde, zoals vermeld, de zuiveringstechniek van de



**Afb. 4:** Door destillatie konden geneeskrachtige extracten uit simplicia (delen van planten) worden bereid. Deze afbeelding uit Eucharius Rösslin's *Kreuterbuch* (Frankfurt 1550) toont drie stadia in de bereiding van zulke 'gedistilleerde wateren': de selectie van de simplicia, de destillatie, en het afvullen van de flessen (*Fotodienst KU Nijmegen*).

**Afb. 5:** Verschillende vorsten richtten grote laboratoria in voor de productie van geneesmiddelen en extracten. Zo bezaten de Medici's, groothertogen van Toscane, een laboratorium in Florence. Jan van der Straet (1536-1605) schilderde in 1570 voor de *studiolo* van Francesco I de Medici (1541-1587) een laboratorium waarop de groothertog vermoedelijk zelf voorkomt (met bril). Naar dit schilderij vervaardigde Van der Straet bovenstaande tekening over de 'Distillatio' voor het boek *Nova Reperta* (ca. 1580) (*Rijksprentenkabinet, Amsterdam*).

metalen, verbreedde zo het technische domein van de (al)chemie, en zorgde er mede voor dat de (al)chemie meer en meer een 'scheikunst' werd. Ook het gebruik van de term 'vuurkunst' als synoniem voor (al)chemie in verschillende geschriften wijst op een proces van veralgemenisering.<sup>38</sup> De (al)chemie werd zo tot een breed toepasbare vuur-techniek, met een werkterrein dat zich niet meer beperkte tot de metallurgie, maar ook verschillende terreinen van de nijverheid omvatte.<sup>39</sup> Daarnaast speelde de toenemende invloed van het neoplatonisme een rol in de veralgemenisering van de (al)chemie. De metaaltransmutatie werd steeds vaker als een specifiek geval van meer algemene processen gezien, die in termen van 'zuiverheid' en 'perfectie' omschreven werden. Sociale ontwikkelingen, tenslotte, zorgden ervoor dat in de zestiende eeuw verschillende maatschappelijke groepen onderling in een intensiever contact met elkaar kwamen. Geleerden en handwerkslieden, artsen en alchemisten, destillateurs en goudsmiden ontmoetten elkaar. De (al)chemistische technieken en denkbeelden kregen een grotere verbreiding.

De centrale figuur in deze zestiende eeuwse transformatie van de (al)chemie was ongetwijfeld de Zwitsers-Duitse arts en hervormer Paracelsus (1493/4-1541). Opgegroeid in een mijnbouwgebied en opgeleid tot arts, was hij het die de (al)chemie definitief losmaakte van de metaalveredeling en aan de geneeskunst koppelde. Hij leerde:

Nichts als die sagen Alchimia mache Gold, mache Silber. Hie ist das fůrnemen, mach Arcana und richte dieselben gegen den kranckheiten.<sup>40</sup>

Zo combineerde Paracelsus de metallurgische traditie van Geber met de medische en farmaceutische destillatieliteratuur in de traditie van Lull.<sup>41</sup> In de omschrijvingen die Paracelsus van de (al)chemie gaf treffen we het taalgebruik van beide stromingen aan.<sup>42</sup> Enerzijds benadrukte Paracelsus de veredeling, vervolmaking en perfectie: termen die uit de metallurgisch-(al)chemistische traditie stamden. De (al)chemist was in zijn ogen de magus, die 'het onvolmaakte' in de natuur diende te 'vervolmaken'. Anderzijds schreef hij over het scheiden van het zuivere en het onzuivere, het subtiële en het grove, het geestelijke en het lichamelijke: een taalgebruik dat voorkwam in Brunschwygks definitie van de destillatie.

Paracelsus zag de (al)chemie als een algemeen toepasbare vuur- en scheikunst die 'het onzuivere behandelt en het zuiver maakt door het vuur' en die er voor zorgt dat 'die natürliche ding bereyt vnnd gescheyden werden'.<sup>43</sup> God had in zijn ogen de mens de taak gegeven om met behulp van de (al)chemie de natuurproducten te transformeren in een staat die deze voor de mens geschikt zou maken:

die Natur gibt nichts an Tag dass auff sein Statt vollendt sey: sondern der Mensch muss vollenden/ die vollendung heist alchemia: Dann ein Alchemist, is ein Beck/ in dem er Brodt backet... Der Weber/ in dem so er Tuch machet ...

Evenzo dient de arts de natuur te vervolmaken door er geneesmiddelen uit te bereiden. De arts, de boer, de molenaar, de bakker, de wever, de smelter en vele anderen, worden door Paracelsus tot (al)chemist verklaard.<sup>44</sup>

Zulke brede omschrijvingen van de (al)chemie vonden in de ogen van vele latere (al)chemisten en chemici, zoals bijvoorbeeld Libavius, geen genade. Paracelsus' eis om de geneeskunst te hervormen werd echter wel van verschillende zijden gesteund. Onder invloed van het optreden van Paracelsus en de geschriften van de Zwitserse polyhistor Gesner, die de destillatie-traditie onder de aandacht van de academische geneesheren bracht, kreeg de (al)chemie een voet aan de grond binnen de medische wereld.<sup>45</sup> Paracelsus en Gesner bewerkstelligden een revolutie in de medische receptuur. Verschillende nieuwe plantaardige en metalische middelen werden aan het therapeutische pakket toegevoegd. Deze nieuwe remedies stonden weldra als 'chymische' geneesmiddelen bekend. Het begrip (al)chemie verloor zo de exclusieve binding aan het rijk van de mineralen en kreeg in de loop van de zestiende eeuw een aanzienlijk ruimere betekenis dan daarvoor. De zestiende eeuwers behandelden de (al)chemie en de destillatie als twee min of meer equivalente begrippen<sup>46</sup> en brachten de (al)chemie zowel met de metallurgie als met de geneeskunst in verband.<sup>47</sup> De in de zeventiende eeuw plaatsvindende institutionalisering van de (al)chemie binnen de medische faculteiten zou deze ruime betekenis vervolgens weer inperken.

### *Chemie en geneeskunst in de 17de eeuw*

Het succes van de 'Paracelsische beweging' in de zestiende en zeventiende eeuw leidde tot een nieuwe fase in de institutionalisering van de (al)chemie. Terwijl de (al)chemie voor het begin van de zeventiende eeuw zich alleen een vaste plaats aan verschillende vorstenhoven had kunnen verwerven,<sup>48</sup> kreeg ze na 1600 ook aan verschillende universiteiten en andere scholen een voet aan de grond. Deze institutionalisering van de (al)chemie in de vorm van leerboeken en opleidingen maakte van dit kennis- en handelingsterrein veel meer dan voorheen een openbaar maatschappelijk fenomeen. In verschillende opzichten betekende dit maatschappelijke succes overigens een breuk met de epistemologische opvattingen van Paracelsus.<sup>49</sup> De volgelingen van Paracelsus lieten zich lang niet allen inspireren door zijn chemische cosmologie, maar waren steeds wel voorvechters van de introductie van 'chymische geneesmiddelen' in de receptuur. Paracelsus had, vanaf 1530, de artsen opgeroepen zich in de (al)chemie te verdiepen en zelf de bereiding van de chemische middelen ter hand te nemen. Zij dienden dit, in zijn ogen, niet aan de apothekers over te laten.<sup>50</sup>

De toenemende invloed van de denkbeelden van Paracelsus en Gesner leidde in Duitsland tot hervormingen in het medische onderwijs. Het vak 'Chymia', of 'Chymiatric' werd ingevoerd, veelal in de vorm van een praktische cursus, waarin de studenten zelf leerden de nieuwe 'chymische' middelen te bereiden.<sup>51</sup> De eerste universitaire (al)chemis(tische) cursussen werden gegeven in het laatste

kwart van de zestiende eeuw en de eerste officiële leerstoel 'Chymiatric' kwam in 1609 aan de universiteit van Marburg tot stand. De patronage door verschillende protestantse Duitse vorsten speelde in deze ontwikkeling een belangrijke rol.<sup>52</sup> Anders verliep de ontwikkeling in Frankrijk waar de (al)chemie door de medici van de traditionele Hippokratische en Galenische school van de universiteiten werd geweerd. Daardoor kwam in dat land de bereiding van de 'chymische' middelen in de handen van de apothekers en niet in die van de medici terecht.<sup>53</sup>

In samenhang met de start van het onderwijs in de chemie verschenen de eerste chemische leerboeken. In 1597 publiceerde de Duitser Andreas Libavius zijn *Alchemia*, dat in de literatuur als het eerste moderne chemische leerboek wordt beschouwd.<sup>54</sup> Dertien jaar later volgde de Fransman Jean Beguin met zijn *Tyrocinium Chemicum* ('De eerste schreden in de chymie'), een boek dat aan het einde van de zeventiende eeuw keer op keer zou worden uitgebreid en herdrukt.<sup>55</sup> Owen Hannaway heeft in zijn boeiende *The Chemist and the Word* de opbouw en taal van Libavius' *Alchemia* nauwgezet vergeleken met de door Paracelsus geïnspireerde *Basilica Chymica* (1609) van Oswald Croll. Libavius' boek blijkt een radicale breuk met de voorafgaande schriftelijke tradities op het gebied van de (al)chemie in te houden en het eerst boek te zijn waarin de (al)chemie samenhangend, methodisch en systematisch als een afzonderlijk vakgebied uiteen werd gezet. Hij bracht met zijn boek de kennis over de chemische laboratoriumoperaties in een vorm die geschikt was voor de kennisoverdracht binnen de bestaande onderwijsinstellingen. De publicatie van Libavius' *Alchemia* en de start van publieke cursussen op het gebied van de chemie luiden zo het begin van de chemie als een afzonderlijke universitaire discipline in.<sup>56</sup> Libavius definieerde de (al)chemie als volgt:

De alchemie is de kunst om magisteriën te vervolmaken en zuivere essences uit mengsels, door afscheiding van lichamen, te extraheren.<sup>57</sup>

In de eerste druk van het leerboek van Beguin (1610) werd deze omschrijving van de (al)chemie vrijwel letterlijk herhaald.<sup>58</sup> In de tweede druk (1612) kwam Beguin evenwel met een eigen definitie:

De Chymie is een konst, die alle vermengde Lichamen losmaect, en die (deselve gedissolveert of ontbonden zynde) wederom t'samen stremt en coaguleert(1), om hen zo te reduceren tot gezonde, veilige, en weldadige medicamenten (2).<sup>59</sup>

De enorme verbreiding van Beguins leerboek verzekerde deze definitie van een grote populariteit. La Faveur (1671) en vooral de succesvolle laat-zeventiende eeuwse leerboekauteur Nicolas Lemery, wiens *Cours de Chimie* vanaf 1675 vele drukken kende, definieerden de chemie op een vergelijkbare wijze.<sup>60</sup> Tot ver in de achttiende eeuw zou het 'solve et coagula' van Beguin in de definities van de chemie doorklinken.<sup>61</sup>

Wanneer we de invloedrijke definities van Libavius en Beguin, die maatgevend

voor de in de zeventiende eeuw meest gebruikelijk betekenis van de term 'chemie' kunnen worden geacht, nader analyseren, valt op dat we de Paracelsische synthese tussen de traditionele (al)chemie en de destillatie-traditie terugvinden. Zowel termen uit de metallurgische traditie ('perfectioneren'), als uit de farmaceutische destillatietraditie ('scheiden', 'zuiveren') komen voor. Opvallend is voorts dat de bereiding van geneesmiddelen voorkomt in Beguins *definitie* van de chemie uit 1612. In het voetspoor van Brunschwygk, Gesner en Paracelsus was het doel van de chemie volgens Beguin: 'de medicamenten in diervoegen te bereiden, dat se veel aengener sijn voor den smaak, [en] veel heilzamer voor 't lichaam..'.<sup>62</sup> Beguin erkende weliswaar dat de chemie uit twee onderdelen bestond, uit een vuurkunst die zich bezighield met de transmutatie van metalen en een scheikunst die de bereiding van geneesmiddelen tot doel had, maar hij koos ervoor in zijn leerboek alleen het laatste onderdeel van de chemie te behandelen.<sup>63</sup> Beide onderdelen werden overigens door Beguin niet met aparte benamingen aangeduid. De gewoonte om het eerste onderdeel 'alchemie' en het tweede 'chemie' te noemen is van later tijd.<sup>64</sup>

Door de institutionalisering van de chemie in het medische en farmaceutische onderwijs werd de chemie in de zeventiende eeuw *de facto* steeds sterker een 'scheikunst', die zich tot de bereiding van geneesmiddelen beperkte, hoewel de lexicale betekenis van het begrip chemie toen nog breder was. Dit vond zijn weerslag in de terminologie. In de medische wereld was na ongeveer 1620 de aanduiding 'Chymia', zonder 'al', gangbaar geworden. Door institutionalisering en leerboektradities werd dit de vrijwel exclusieve spelling op medisch gebied. Na het eerste kwart van de zeventiende eeuw worden uitdrukkingen als 'alchymische medicamenten' vrijwel niet meer aangetroffen, terwijl deze uitdrukking aan het einde van de zestiende en in de eerste jaren van de zeventiende eeuw wel voorkwam. In geschriften over de metaaltransmutatie kwamen vanaf 1620 het bijvoeglijk naamwoord 'chymisch' nog wel, de zelfstandige naamwoorden 'Chymicus' en 'Chymist' echter niet meer voor.<sup>65</sup> De metallurgie, (al)chemie en geneeskunde die in de zestiende eeuw door Paracelsus zo nauw met elkaar in contact waren gebracht begonnen, doordat slechts één specifiek onderdeel de (al)chemie binnen de universiteiten institutionaliseerde, weer uit elkaar te groeien.

De (al)chemie trad in de leerboeken van Beguin en Libavius primair als kunst ('ars'), als handvaardigheid, naar voren.<sup>66</sup> Theoretische beginselen, zoals de 'vijf principialeer', waren niet geheel afwezig, maar ze stonden niet op de voorgrond.<sup>67</sup> Een systematische behandeling van de 'theoretische' of 'rationele' chemie ontbrak.<sup>68</sup> Het feit dat de scheidingsoperaties in de (al)chemie primair op de bereiding van 'weldadige medicamenten' volgens vaststaande recepten en niet op de chemische analyse waren gericht, hangt hier ten nauwste mee samen. De vroeg-zeventiende eeuwse chemie was een 'produktieve scheikunst', niet een analytische. De concentratie op medische doelstellingen had de kloof tussen de essayeurkunst en de chemie vergroot.<sup>69</sup> De geringe theoretische oriëntatie van de toenmalige chemie maakte, dat scheikunst in het laboratorium niet werd ingezet

om de samenstelling van een bepaalde stof te onderzoeken door deze te ontleden in de samenstellende 'essentia', 'principes', 'hoofdstoffen', of 'elementen'. Chemicus als Beguin ging het erom *een* 'essence' te bereiden uit een bepaalde natuurlijke stof, niet om deze stof in *zijn* 'essentiële bestanddelen' te ontleden.<sup>70</sup>

De notie dat in de chemie theorie en praktijk zouden kunnen samengaan en dat deze discipline ook met het natuuronderzoek en met de ontleding van de stoffelijke wereld zou kunnen bezighouden was voor het midden van de zeventiende eeuw niet afwezig, maar in het chemische onderwijs klonk deze benadering nog maar weinig door. Dit zou evenwel na 1650 veranderen.

### *De chemie als kunst én wetenschap van de natuur (1650-1790)*

Toen de Franse chemicus Antoine-François de Fourcroy aan het einde van de achttiende eeuw een overzicht gaf van de geschiedenis van zijn vak, liet hij halverwege de zeventiende eeuw een nieuwe periode beginnen, die van de 'filosofische' of 'wetenschappelijke' chemie.<sup>71</sup> Parallel aan de Wetenschappelijke Revolutie, gesymboliseerd door namen als Galileï en Newton, en door de oprichting van genootschappen als de Royal Society (1662) en de Académie des Sciences (1666) vonden er ook binnen de chemie grote veranderingen plaats. Deze betekenden aanvankelijk nog geen volledige revisie van de theoretische fundamente van de discipline - dat zou aan Stahl en vooral aan Lavoisier voorbehouden zijn - maar wel een grote verandering in het karakter van het vakgebied.<sup>72</sup> Bezien we bijvoorbeeld de definitie van de chemie zoals die gegeven wordt in de Engelse editie van Nicolas LeFèvre's *Chimie théorique et pratique* (1660):

Chemistry is nothing else but the Art and Knowledge of Nature itself... It is by her means we examine the Principles, out of which natural bodies do consist and are compounded and by her are discovered unto us the causes and sources of their generations and corruptions...<sup>73</sup>

Een wereld van verschil met de definities van Beguin en Libavius! Terwijl de sleutelbegrippen die door Libavius en Beguin gebruikt werden, zoals ik heb laten zien, afkomstig waren uit Middeleeuwse definities van de destillatie en de (al)chemie, drukt LeFèvre zich uit in een geheel andere taal. 'Kennis der natuur', 'onderzoek', 'theorie', 'principes', 'samenstelling' en 'oorzaken', dat waren de termen die vanaf de tweede helft van de zeventiende eeuw in toenemende mate door chemici gehanteerd zouden worden. Dit wil uiteraard niet zeggen dat gehele chemie na 1650 plotseling radicaal veranderde. Het was een geleidelijk proces, waarin sommige auteurs theorieën gebruikten en de chemie in de zin van LeFèvre definiëerden, terwijl anderen tot ver in de achttiende eeuw alleen maar recepten-verzamelingen uitgaven en de omschrijvingen van Beguin en Libavius hanteerden.<sup>74</sup>

De ontleding van stoffen in hun 'principes', of 'hoofdstoffen' was voor het eerst in de jaren '40 van de zeventiende eeuw door de Fransman De Clave nadrukkelijk als doel van de chemie naar voren gebracht. LeFèvre bouwde op het



werk van deze chemicus voort.<sup>75</sup> Vanaf ongeveer 1660 nam het aantal leerboeken dat, naast de experimentele of praktische chemie, ook expliciet de 'theoretische', 'filosofische', 'rationele' of 'fysische' chemie behandelde, of waarin de ontleding in 'principes' expliciet genoemd werd, beduidend toe. Voorbeelden zijn de (leer)boeken van Becher (1664), De Locques (1665), Tresfel (1671), Lemery (1675), Duclos (1677), Blankaart (1678), Ettmüller (1684), Le Mort (1688), Barner (1689), Freind (1712) en Wedel (1715).<sup>76</sup> Deze leerboekauteurs gingen uit van corpusculaire theorieën, daarbij voortbouwend op Descartes, Boyle en, later, Newton, van de 'vijf principiaaleer', of van de iatrochemische zuur-alkali theorie van Sylvius. Blankaart en Lemery hoorden tot de eersten die de corpusculaire theorieën van Descartes en Boyle in hun leerboeken verwerkten. De introductie van theorieën veranderde de hoofdtenor van deze leerboeken echter niet. De geneesmiddelenbereiding bleef centraal staan.<sup>77</sup> De corpusculaire ideeën werden benut voor de verklaring van de chemische processen in het menselijk lichaam (iatrochemie, of medische chemie) en in het preparatieve laboratorium (chemiatrie, of farmaceutische chemie).<sup>78</sup>

Het praktische succes van de toen gangbare chemische theorieën was nog beperkt.<sup>79</sup> Toch moet men de betekenis van deze 'wetenschappelijke revolutie' in de chemie niet onderschatten. De inhoudelijke vruchten werden weliswaar pas later geplukt, maar de nadruk op theorieën en op chemische analyse betekende dat de chemie een geheel nieuwe oriëntatie kreeg. De institutionele binding met de geneeskunde zou nog decennia lang de inhoud van de chemie domineren, maar de kiem voor een breder functioneren van de chemie was gelegd.<sup>80</sup> Deze sociale en inhoudelijke veranderingen werden weerspiegeld in de veranderende definities van het begrip 'chemie'. In plaats van een 'kunst gericht op het (vervol)maken van geneeskrachtige stoffen', kreeg het begrip chemie geleidelijk de betekenis van een 'wetenschap' van de 'principes' waaruit de materie was opgebouwd en van de 'oorzaken', of 'krachten', die aan de verandering van stoffen ten grondslag lagen.<sup>81</sup> Dezelfde basisprincipes die aan de chemische aspecten van de geneeskunde ten grondslag lagen, werden nu ook ter verklaring van de productieprocessen in de nijverheid gebruikt, om waar mogelijk verbeteringen aan te reiken. De epistemologische omwenteling in de chemie en de verbreding van haar maatschappelijk werkteerrein lagen in elkaars verlengde. Niemand was dit zich meer bewust dan de Duitse chemicus Georg Ernst Stahl.<sup>82</sup>

De opkomst van de 'theoretische', of 'rationele', chemie moet overigens niet als een louter cognitieve aangelegenheid worden gezien. In Duitsland vonden tezelfdertijd belangrijke veranderingen plaats in de sociale positie van de chemie en in de institutionele setting van het chemisch onderwijs. Terwijl in het begin van de zeventiende eeuw de artsen de bereiding van de 'chymische remediën' veelal zelf ter hand hadden genomen - of onder hun leiding hadden laten uitvoeren door een 'laborant' - verschoof na 1650 het zwaartepunt van de bereiding van de chemische geneesmiddelen in de richting van de apothekers.<sup>83</sup> Dit had uiteraard consequenties voor het chemisch onderwijs. Onder de apothekers ontstond er nu een be-

hoefte aan praktisch gericht onderwijs in de 'scheikunst', terwijl voor de artsen voortaan met meer theoretisch onderwijs, eventueel aangevuld met demonstratie-experimenten, kon worden volstaan.<sup>84</sup> Deze opmerkingen over het bestaan van zulke samenhangen tussen sociale en cognitieve ontwikkelingen kunnen overigens slechts voorlopig zijn. Verder historisch onderzoek naar de veranderende verhouding tussen artsen en apothekers in de zeventiende eeuw en de gevolgen daarvan voor de didactische praktijk en de conceptualisering van de chemie is geboden.

### *Het verbrede werkterrein van de chemie (1650-1790)<sup>85</sup>*

In de meeste leerboeken kwamen na 1650 nog definities voor van de chemie die ogenschijnlijk weinig afweken van die van Libavius en Beguin. LeFèvre was uitzonderlijk expliciet geweest over de nieuwe doelstellingen van de chemie. Gebruikelijker is het omschrijven aan te treffen als:

De Chymie, ofte Stofscheiding, is een konst, die de natuurlijke Lichamen ontdoet, en de ontdane weder stremt, om de geneesmiddelen aangenamer, gezonder en veiliger in te geven, [ook is de chemie] een ontdoening der natuurlijke lighamen, door het vuur in hare hoofstoffen (Blankaart, 1680)<sup>86</sup>;

of

De chemie is de kunst om gemengde, samengestelde, of geaggregeerde lichamen te ontleden in hun principes (hoofdstoffen); en om zulke lichamen uit hun principes weer samen te stellen (Stahl, 1720/1723)<sup>87</sup>

Het eerste gedeelte van de definitie van Blankaart staat zondermeer in de traditie van Beguin en Libavius. In het tweede gedeelte echter legde hij een ander accent, dat ook in de definitie van Stahl terugkeert. Op het eerste gezicht lijkt Stahls definitie niet af te wijken van Beguins 'solve et coagula'. Dit is echter slechts schijn. In de achttiende eeuwse definities is de betekenis het aloude 'solve et coagula' getransformeerd van de aanduiding van twee laboratoriumoperaties in het wetenschappelijk onderzoek van stoffen door de 'ontleding in hun principes'.<sup>88</sup> Uit de kunst van het 'solve et coagula' ontstond in de achttiende eeuw - Stahl was daarvan bij uitstek een van de vroege representanten - een wetenschap en kunst van de analyse en synthese. Deze betekenis van het begrip chemie domineerde in de leerboeken uit de achttiende eeuw en handhaafde zich in feite tot op de dag van vandaag.<sup>89</sup>

Dat de definitie van het begrip chemie vanaf de tweede helft van de zeventiende eeuw geen radicale veranderingen meer onderging, wil niet zeggen dat de chemie een vlag was die steeds tussen 1650 en 1790 dezelfde lading dekte. Er vond een voortdurende uitbreiding plaats van het object- en toepassingsgebied van de chemie. Dit kan het beste geïllustreerd worden door nader in te gaan op de wijze waarop verschillende auteurs van chemische leerboeken hun vakgebied indeelden. Beguin onderscheidde, zoals gesteld, twee onderafdelingen binnen de

chemie: 1. de kunst om geneesmiddelen te bereiden, en 2. de kunst om metalen te transmuteren.<sup>90</sup> Na de 'wetenschappelijke revolutie' van de chemie in de tweede helft van de zeventiende eeuw, werd een derde onderdeel aan dit tweetal toegevoegd: de 'filosofische', 'contemplatieve', 'fysische', of 'wetenschappelijke' chemie.<sup>91</sup> Tegelijkertijd werd ook de ontleding, anatomie of analyse van stoffen een onderdeel van de chemie. De analyse van bronwaters en van goud en zilver stond voor 1650 weliswaar niet geheel los van de (al)chemie, maar de combinatie van het begrip 'chemie' met het begrip 'analyse' - bijvoorbeeld 'chemische anatomie' of 'chemische analyse' - kwam vrijwel niet voor.<sup>92</sup> Na 1650 veranderde dit. Zo schreef W. Simpson in 1669 over de 'Chymical Anatomy of the Scarbrough.. Spaws', Boyle over de 'Chemical Analysis of Seed Pearles' en voerden ook de Franse chemici Duclos, Bourdelin en Lemery in die tijd verschillende 'chemische analyses' uit.<sup>93</sup>

Niet lang daarna breidden Wedel, Stahl en hun leerlingen de scope van de chemie ook tot de docimasie, of essayeurskunst, uit.<sup>94</sup> Binnen het onderwijs speelde de training in de docimasie en de chemische analyse evenwel tot het laatste kwart van de achttiende eeuw slechts een onderschikte rol.<sup>95</sup> Het preparatieve aspect bleef de chemie nog lang domineren. In Teichmeyers leerboek *Elementa philosophia naturalis experimentalis* uit 1717 werd deze verbreding van het vak chemie gereflecteerd. Hij onderscheidde:

1. de 'Chymia physica', die zich bezig hield met het wetenschappelijk onderzoek van de 'principes' waaruit de natuurlijke verbindingen zijn samengesteld;
2. de 'Chymia medica', die de geneesmiddelenbereiding tot doel had;
3. de 'Chymia metallica', of docimasie. Door Teichmeyer dus vooral als 'Probiërkunst' opgevat;
4. de 'Chymia mechanica', die zich bezighield met zaken als de glasbereiding; en
5. de 'Alchymia', of metaaltransmutatie.<sup>96</sup>

Teichmeyer was daarmee een van de eersten, die de term 'alchemie' nadrukkelijk voor de door Beguin onderscheiden onderafdeling 'metaaltransmutatie' reserveerde.<sup>97</sup> Voorts valt op dat hij naast de theoretische-, medische- en 'analytische' chemie (docimasie), de toepassing van de chemie op de nijverheid in zijn indeling opnam. Dit betekende een duidelijke verbreding van het werkteerrein van de universitaire chemie ten opzichte van de in de zeventiende eeuw dominante oriëntatie op de geneeskunde en de farmacie.

Alleen in oppervlakkige zin vormde de verbreding die de chemie in de achttiende eeuw onderging een terugkeer naar de opvattingen van Paracelsus. De term '(al)chemie' had voor Paracelsus immers een geheel andere betekenis dan voor de achttiende eeuwse chemici. Voor de laatsten vormden de kennis van grote delen van de nijverheid een onderdeel van hun vak omdat de chemie in hun ogen een wetenschap van de constitutie van de materie en de oorzaken van materiële veranderingen was. Voor Paracelsus was de nijverheid per definitie een onderdeel van de (al)chemie, omdat die kunst hét middel was dat God de mensen in handen had gegeven om de natuur naar hun hand te zetten.

Toen onder invloed van het werk van Torbern Bergman, en vooral Lavoisier, de chemie aan het einde van de achttiende eeuw van een kwalitatieve wetenschap tot kwantitatieve wetenschap werd, onderging deze discipline nogmaals een grote verandering. Hoe belangrijk ook voor de inhoud van het vak, voor de betekenis van de *term* chemie was deze 'Chemische Revolutie' van weinig belang. De beslissende herdefiniëring van hun vakgebied was door verschillende leerboek-auteurs reeds in de tweede helft van de zeventiende eeuw ondernomen. Dat de chemie tussen ongeveer 1700 en 1830 steeds minder als een 'kunst', een 'wetenschap en kunst', een 'wetenschappelijke kunst', een 'praktische wetenschap', of een *physica practica* gezien werd en steeds vaker beschouwd werd als een 'wetenschap' zondermeer, heeft minstens zoveel met veranderingen in het wetenschapsbegrip te maken (van 'logisch geordend systeem van leerstellingen' naar 'experimenteel natuuronderzoek'), als met veranderingen in de (definiëring van de) chemie.

## 2.2 Van 'Alchemist' en 'Chimicus' tot 'Chemiker': de evolutie van de schrijfwijze van de Duitstalige terminologie rond de chemie en de chemicus

In dezelfde periode waarin de betekenis van de term chemie voortdurend veranderde, wijzigde ook de spelling van dit woord verschillende malen. Tot aan de tweede helft van de achttiende eeuw werden in Duitsland veel chemische werken in het Latijn geschreven. Vanaf de late Middeleeuwen treffen we daarnaast in toenemende mate Duitstalige teksten over chemische onderwerpen aan. In die Duitse teksten ontmoeten we eerst termen als Alchemy, Alchimey en Chymicus en later termen als Alchemie, Chemie en Chemiker. Daarnaast komen ook woorden als Scheidekunst en Scheidekünstler voor. In de literatuur over de geschiedenis van de chemiebeoefening heerst er regelmatig verwarring over de betekenis die aan deze terminologische veranderingen moet worden toegekend. Is een 'Chemiker' een andere figuur dan een 'Chymist'? Valt de start van de beroepsmatige uitoefening van de chemie samen met de opkomst van de term 'Chemiker'? In de bestaande literatuur worden zulke vragen niet beantwoord.<sup>98</sup> Een systematisch chronologisch overzicht van de Duitse terminologie op dit terrein ontbreekt.

Om in deze leemte te voorzien heb ik een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de evolutie van de Duitse schrijfwijze van de woorden 'Chemie', 'chemisch' en 'Chemiker' aan de hand van enige honderden boektitels en citaten.<sup>99</sup> In bijlage A wordt dit onderzoek nader toegelicht. De belangrijkste resultaten ervan heb ik weergegeven in tabel 2.1. In die tabel worden vier perioden onderscheiden:

**Tabel 2.1:** De schrijfwijze van de Duitstalige terminologie met betrekking tot de chemie en de chemicus tot omstreeks 1800.

Tot 1570	1570-1670	1670-1770	Na 1770
Alchemey Alchimey Alchimia	Alchimey <sup>1</sup> Alchimia	Alchimia Alchimie Alchimist alchimistisch	Alchemie  Alchimie Alchemist alchemistisch
	Chimia	Chimia Chymie	Chymie Chemie Chemiker Chymist Chemist chymisch chemisch
	Chymicus	Chymicus Chymist	
	chymisch	chymisch chemisch <sup>2</sup>	
		Scheide-Kunst	Scheidekunst Scheidekünstler

1 = tot ca. 1615; 2 = vanaf ca. 1740

Opm.: De jaartallen in de kop van de tabel geven aan wanneer een nieuw woord min of meer gangbaar begon te worden. Minder frequent komen bepaalde aanduidingen ook reeds vóór de aangegeven jaartallen voor.

Bron: Bijlage A.

- een periode tot ongeveer 1570, waarin alleen de schrijfwijze beginnend met 'al' gangbaar was;
- een periode van 1570 tot omstreeks 1670, waarin naast de oudere termen, de termen 'Chimia', 'Chymicus' en 'chymisch' werd gebruikt;
- van ongeveer 1670 tot 1770 kwam naast het woord 'Chimia' de term 'Chimie' in omloop en naast het woord 'Chymicus' de aanduiding 'Chymist'. Daarnaast duikt voor het eerst de term 'Scheide-Kunst' op;
- vanaf 1770, tenslotte, raakten de woorden 'Chimia' en 'Alchimia' in onbruik. Als nieuwe schrijfwijze kwam op: 'Alchemie', 'Chemie', 'Chemiker' en 'chemisch'. Dit is de Duitse spelling zoals deze nu nog gangbaar is. Ook de term 'Scheide-künstler' werd na 1770 enige tijd regelmatig gebruikt.

Het blijkt dus dat de Duitse terminologie op dit terrein driemaal wijzigingen onderging. Deze perioden van verandering zullen in deze paragraaf nader onder de loep genomen worden. De conclusie van mijn beschouwingen zal zijn, dat de veranderingen in schrijfwijze en terminologie niet zozeer samenhangen met algemene veranderingen in de schrijfwijze van het Duits, maar duidelijk in verband kunnen worden gebracht met sociale, cognitieve en technische ontwikkelingen op het gebied van de chemie. Hierbij treden, zoals in de inleiding van dit hoofdstuk vermeld, andere aspecten en andere tijdsepisodes op de voorgrond dan in § 2.1.

### *Van Alchimist tot Chymicus (1570-1620)*

De Arabieren, die in de vroege Middeleeuwen toegang hadden tot Grieks-Byzantijnse geschriften hadden uit het Griekse *χημεία* (§ 2.1) het Arabische woord 'al-kimija' (= de *χημεία*) gevormd. Via de Arabieren bereikte de kennis van de (al)chemie de Middeleeuwse Europese geleerden. Het Arabische 'al-kimija' werd het Latijnse 'alchimia'.<sup>100</sup> De oorspronkelijke Duitse spelling Alchemey, Alchimey of Alchimia, ging op het Latijnse woordgebruik en daarmee indirect op de Arabische schrijfwijze, terug. De schrijfwijze zonder het Arabische voorvoegsel 'al' was in de Middeleeuwen in Europa geheel onbekend. Door de zestiende eeuwse humanisten werd de Griekse herkomst van het woord alchemie echter 'ontdekt'. In hun geschriften gaven zij aan de oorspronkelijke Griekse schrijfwijze de voorkeur boven het tot dan toe gangbare 'alchimia' of 'alkimia'. Zij latiniseerden het Griekse woord tot 'chymia' of 'chemia'.

De eerste die de spelling 'chymia' opnieuw invoerde was waarschijnlijk de arts, metallurg en humanist Georg Agricola (1494-1555).<sup>101</sup> Op jonge leeftijd was hij reeds, als docent klassieke talen en rector van de nieuwe Schola Graeca te Zwickau, door en door met het Latijn en het Grieks vertrouwd. Daarna studeerde hij geneeskunde en werd een van de uitgevers van de eerste volledige Griekse editie van de werken van Hippocrates en Galenus (Bazel 1524-1526). Omstreeks 1530 vestigde hij zich te Chemnitz, een belangrijk centrum van de Duitse mijnbouwindustrie. In hetzelfde jaar verscheen in Bazel zijn eerste mijnbouwkundige werk de *Bermannus*. In dit boek komen voor de termen 'chymia', 'chymista' en 'chymicus' voor. Ook in zijn latere werken *De ortu et causis subterraneorum* (1546) en *De re metallica* (1556) bleef hij deze nieuwe schrijfwijze zonder het voorvoegsel 'al' gebruiken.<sup>102</sup> Qua betekenis was er bij Agricola geen verschil tussen 'chymia' en 'alchymia'. In de vertalingen van zijn werken werden de beide begrippen door elkaar gebruikt.<sup>103</sup> Anderen namen aanvankelijk zijn puristische initiatief niet over. Pas omstreeks 1550 worden de eerste voorbeelden aangetroffen van het gebruik van de nieuwe termen door anderen dan Agricola. De Italiaanse arts, wiskundige en natuurfilosoof Girolamo Cardano (1501-1576) gebruikte de Latijnse spelling zonder 'al' in zijn *De subtilitate* uit 1550. Het is bekend dat Cardano met de werken van Agricola op de hoogte was.<sup>104</sup>

Een jaar later introduceerde de geleerde Zwitserse humanist Conrad Gesner

(1516-1565) de schrijfwijze zonder 'al' in zijn *Dictionarium de Linguae Latinae* uit 1551. Ook bij hem zijn de termen chemie en alchemie inhoudelijk equivalent want hij spreekt over 'Chymistae alias Alchymistae', en over 'Chemistas' of 'Alchemistas'.<sup>105</sup> Ook Gesner was door en door met het Grieks vertrouwd. Hij bewonderde Agricola en was met diens werken goed bekend.<sup>106</sup> In 1552 verscheen in Zürich de eerste druk van een boek van Gesner dat een zeer grote invloed zou hebben op de ontwikkeling van de zestiende eeuwse medische chemie: de *De Remediis Secretis*. In dit werk, en het in 1569 verschenen tweede deel, bouwde Gesner voort op de boeken van Brunschwygk over de destillatie en de toepassing van destillatieproducten in de geneeskundige praktijk. Gesner behandelde de medische waarde van de nieuwe middelen en ging in detail in op allerlei aspecten van de destillatietechniek.<sup>107</sup> Hij richtte zich niet zozeer op de groepen die door de boeken van Brunschwygk en diens opvolgers waren bediend (met name de 'gemeine Mann'), maar wendde zich in het bijzonder tot de artsen, chirurgijns en apothekers.<sup>108</sup> Gesner schreef zijn boek bewust in het Latijn, om zo de nieuwe 'gedestilleerde medicijnen' beter onder de artsen en apothekers bekend te maken.<sup>109</sup> In zijn *De Remediis Secretis* gebruikte Gesner de uitdrukking 'Chymistica ars' en daarmee equivalente uitdrukkingen als 'chymia', 'alchymia', 'alkimia', 'chemia' en 'alchemia'.<sup>110</sup> Evenal Paracelsus koppelde Gesner daarbij de destilleerkunst zeer nadrukkelijk aan de (al)chemie. Hij was een van de eersten die het woord (al)chemie ook in de betekenis van 'destilleerkunst' gebruikte.

Terwijl de hervormingsplannen van Paracelsus aanvankelijk door een betrekkelijk kleine, maar roerige groep adepten gedragen werden, zorgden de werken van Gesner voor de doorbraak van de nieuwe middelen onder een veel breder artsenpubliek. Zijn boeken sloegen aan in medische kring en stond aan de basis van de introductie van de 'chymische geneesmiddelen' in de medische receptuur.<sup>111</sup> Door het enorme succes van de *De Remediis Secretis* en het posthuum verschenen tweede deel, kwam de schrijfwijze zonder 'al' voor het eerst onder een breed publiek. Gesners boeken werd talloze malen herdrukt en vertaald.<sup>112</sup> In het Latijn werd de term 'Chemia' door anderen overgenomen, soms specifiek gebruikt in samenhang met de 'secretioris physicae' (probate geneesmiddelen) van Gesner, maar meestal willekeurig in afwisseling met de oudere spelling 'Alchemia'.<sup>113</sup> In Engeland - en waarschijnlijk ook in Frankrijk - kwamen de eerste voorbeelden van de woorden 'chymists' (1559) en 'chimicall' (1576) voor in de vertalingen van Gesners werk.<sup>114</sup> In Duitsland dook de nieuwe terminologie wat later op (1574, 1586, 1595).<sup>115</sup> Terwijl in Engeland en Frankrijk de schrijfwijze zonder het voorvoegsel 'al' in de zeventiende eeuw de overhand kreeg, was dit in het Duitse taalgebied een tijd lang niet het geval.

Tot ongeveer 1620 gebruikten de medici in Duitsland de woorden 'Alchimia' en 'Chimia' betrekkelijk willekeurig door elkaar, hoewel de laatste schrijfwijze de meest gangbare was. Deze meest gebruikelijke terminologie werd tot exclusieve schrijfwijze in de medische sector vanaf het eerste kwart van de zeventiende

eeuw. Dit moet waarschijnlijk in samenhang gezien worden met de institutionalisering van de chemie binnen de medische faculteiten in Duitsland, welke het resultaat was van onderwijshervormingen die door de navolgers van Paracelsus (en Gesner) waren geïnitieerd.<sup>116</sup> De docenten droegen titels als *professor Chymiatricae* en het woord 'Chimia' kwam in de titels van de belangrijkste leerboeken voor.

In tegenstelling tot de introductie van de term, was de verbreiding van de nieuwe schrijfwijze 'chemia' niet zomaar een neutraal taalkundig Grieks alternatief voor een van oorsprong Arabisch woord. Ze was ten nauwste vervlochten met de opkomst van een sociale beweging binnen de geneeskunde die de toepassing van 'zuivere', gedestilleerde, preparaten bepleitte. De invloed van Gesner beperkte zich tot één van de twee deelterreinen van de toenmalige (al)chemie. Dit verklaart waarom op reeds langer bestaande metallurgische onderdelen van de (al)chemie de nieuwe door de zestiende eeuwse humanisten geïntroduceerde terminologie minder invloed had. Doordat de twee onderdelen van de vroeg-zeventiende eeuwse (al)chemie zich binnen twee verschillende contexten en schrifttradities bewogen, groeiden zo uit het in oorsprong synonieme begrippenpaar Alchimia/Chimia geleidelijk toch twee verschillende concepten.

### *Chymici en Chymisten (1670-1690)*

Ook de verbreiding, na 1670, van de nieuwe terminologie 'Chymie', 'Alchimie', 'Chymisten' en 'Scheide-Kunst' (zie tabel 2.1) had sociale achtergronden, zoals hieronder duidelijk zal worden. Bij de eerste voorbeelden die ik van deze nieuwe schrijfwijzen aantrof bleek het steeds om vertalingen uit andere Westeuropese talen te gaan. 'Chymie', 'Alchimie' en 'Chymisten' werden uit het Engels en het Frans overgenomen (1676, 1677, 1677, 1678), 'Scheide-Kunst' uit het Nederlands (1681).<sup>117</sup> Het is opmerkelijk dat één vertaler, Johann Lange uit Hamburg, bij de invoering van deze nieuwe woorden zo'n grote rol heeft gespeeld. We komen hem tegen als de vertaler die de termen 'Alchimie' en 'Chymie' introduceerde bij de vertaling van Engelse en Franse werken in 1676 en als de vertaler van een Hollands boek in 1681, waarbij het woord 'Scheide-Kunst' in het Duits werd ingevoerd. Het feit dat de nieuwe terminologie in een betrekkelijk korte tijd ingang vond in het Duits, hangt ongetwijfeld samen met het feit dat deze nieuwe schrijfwijze aanvankelijk vooral via de vertalingen van een aantal leerboeken verbreid werd. Evenals dat honderd jaar eerder met Gesners werk het geval geweest was, ging het hier om boeken die een grote verspreiding kenden.

De termen 'Chymie', of 'Chimie', waren direct overgenomen uit het Frans en verspreidden zich via de vertaling van Glasers *Traité de la Chymie* (1677) en via de vertalingen van het leerboek van Lemery. Beide werken werden verschillende malen in het Duits herdrukt. Omstreeks 1700 waren de woorden 'Chymie', 'Alchimie' en 'Chymist' zondermeer gangbaar geworden. De oude spelling bleef daarnaast bestaan. Ook de term 'Scheide-Kunst' werd door de vertaling van een tweetal leerboeken populair. In Nederland had Steven Blankaart (1650-1702) in 1678 het woord 'stofscheiding' in de eerste editie van zijn leerboek gebruikt.<sup>118</sup> Twee jaar later was Blankaart betrokken bij de Nederlandse uitgave van een



Italiaans leerboek van Carlo Lancillotti, de *Brandende Salamander* (1680). Dit boek was 'een Weg-wijzer..om sich in alle operatien der Schey-Kunst te Oeffenen'.<sup>119</sup> Reeds het volgende jaar werd deze Nederlandse uitgave door Johann Lange in het Duits vertaald, waardoor het begrip 'Scheid-Kunst' naar het Duits werd geëxporteerd. De vele herdrukken die dit leerboek in Duitsland kende zorgden ervoor dat de term 'Scheid-Kunst' een ruime verspreiding kreeg. Dit werd nog versterkt door de vertaling van Blankaarts eigen leerboek in 1689, dat in het Duits verscheen onder de titel *Die neue Heutiges Tages gebräuchliche ScheideKunst, oder Chimia*. Van dit leerboek verschenen eveneens meerdere edities.<sup>120</sup>

Het opvallende gegeven dat er in de loop van slechts enkele jaren vier nieuwe termen - 'Chymist', 'Chymie', 'Alchimie' en 'Scheide-Kunst' - in het Duits werden geïntroduceerd blijkt dus te herleiden te zijn tot een hausse van leerboekvertalingen. Dit is een belangrijk gegeven, want dit brengt ons op het spoor van het daaraan ten grondslag liggende sociale proces. Wat immers veroorzaakte deze plotseling onstane behoefte aan vertalingen? Twee factoren lijken hier van belang te zijn. In de eerste plaats was er de nasleep van de Dertigjarige Oorlog. Na een bloeiperiode van de chemie en het universitaire chemie-onderwijs in de eerste twee decennia van de zeventiende eeuw trad er tussen ongeveer 1625 en 1665 een periode van stagnatie in. Deze uitte zich zowel in een grote vermindering van de boekproductie op chemisch gebied als op het terrein van het chemie-onderwijs, waar de oprichting van nieuwe leerstoelen aan de universiteiten uitbleef.<sup>121</sup> In Engeland, de Republiek en, vooral, Frankrijk had de chemie zich in de tussentijd wel kunnen ontplooien. Dit zou kunnen betekenen dat, toen de toestand in Duitsland zich langzaam herstelde, er een informatiestroom uit deze landen op gang kwam. Een belangrijker factor was, naar mijn mening, de verandering die optrad in de verhouding tussen geneeskunde, chemie en farmacie. Toen aan het einde van de zestiende eeuw de nieuwe chemische geneesmiddelen hun intrede deden, was deze ontwikkeling vrijwel geheel aan de apotheken voorbij gegaan. De meerderheid van de medici was nog niet gewonnen voor de 'chymische' receptuur. In de officiële voorschriftenboeken, de farmacopees en dispensatoria, werd van de Galenische farmacie uitgegaan. De apothekers hadden zich aan de op die basis voorgeschreven bereidingswijzen te houden.

In de tweede helft van de zeventiende eeuw kwam er geleidelijk een bredere acceptatie van de chemische geneesmiddelen op gang; een ontwikkeling die na 1670 versnelde.<sup>122</sup> In 1646 werd in de invloedrijke Augsburgse farmacopee de bereidingswijze van de chemische middelen in een appendix opgenomen. De eveneens belangrijke Neurenbergse farmacopee van 1666 ging nog een stap verder door de Galenische en chemische receptuur een volledig gelijkwaardige plaats te gunnen.<sup>123</sup> Andere Duitse steden en gebieden volgden in de decennia daarna. In Pruisen werd in 1685 verordonneerd dat de apothekers de chemische middelen zelf dienden te bereiden en deze niet meer bij 'alchemisten' en 'destillateurs' mochten bestellen.<sup>124</sup> Voor de apothekers had dit grote consequenties. Zij dienden in het vervolg immers de voorgeschreven receptuur in de praktijk te kunnen brengen.<sup>125</sup> De voorschriftenboeken vermeldten deze receptuur weliswaar (en dienden daarom vaak als leerboek voor apothekersleerlingen), maar de

chemische basiskennis en de te beheersen laboratoriumvaardigheden stonden er niet in vermeld. Vanaf 1670 groeide zo de behoefte aan chemisch onderwijs voor apothekers en daarmee aan leerboeken, bijvoorkeur in de eigen taal.<sup>126</sup> Deze boeken waren in Frankrijk in ruime mate voorhanden. Daar was de chemie immers van de universiteiten geweerd en geheel het terrein van de apothekers geworden.<sup>127</sup> De vertalingen die na 1675 in toenemende mate op de Duitse markt verschenen dienen dan ook aan deze verschuiving in de verhouding tussen arts en apotheker te worden gerelateerd.<sup>128</sup> De introductie van de nieuwe termen 'Chymie', 'Chymist', 'Alchimie' en 'Scheide-Kunst' was de taalkundige neerslag van de groeiende toenadering tussen de apothekers en de chemie.

Het interessante fenomeen dat twee synoniemen door sociale processen een verschillende betekenis krijgen is ook hier te zien. Etymologisch hebben de termen 'Chymicus' en 'Chymist' dezelfde stam. Beide zijn afgeleid van het woord 'alchimista' of 'Alchimist'. De term 'Chymicus' was voor 1670 gangbaar in het Duits en het Latijn, de term 'Chymist' in het Engels en Frans. Doordat de Duitse artsen hun onderwijs in het Latijn kregen en de apothekers hun chemisch onder-richt in hun moedertaal, kregen de termen 'Chymist' en 'Chymicus' impliciet een andere lading. Dit verschil in betekenis is in woordenboeken niet terug te vinden.<sup>129</sup> Zelden kwam het echter voor dat een arts 'Chymist' werd genoemd en zelden was de term 'Chymicus' op een apotheker van toepassing.

#### *Van Chymist en Chymicus naar Chemiker (1780-1800)*

Twee eeuwen na de introductie van de termen 'Chimia' en 'Chymicus' in het Duits, en één eeuw na de verandering van deze schrijfwijze in de spelling 'Chymie', 'Chymist' en 'Scheide-Kunst', onderging de Duitse spelling van deze begrippen omstreeks 1770 opnieuw een wijziging. Dit maal verliep het proces echter veel geleiderlijker dan in de zeventiende eeuw. Lang voor 1770 werd de spelling 'chemisch' reeds af en toe gebruikt. Het frequente gebruik van de schrijfwijze 'Chemie', 'Chemist' en 'chemisch' dateerde evenwel van na dat jaar. De woorden 'Chemiker' en 'Scheidekünstler' kwamen zelfs vóór 1780, op een enkele uitzondering na, niet voor.<sup>130</sup>

De vroegste voorbeelden van de termen 'chemisch' of 'Chemie' in het Duits zijn te herleiden op leerboekvertalingen uit het Latijn. In 1733 werd Boerhaaves *Elementa Chemiae* nog als *Anfangsgründe der Chymie* vertaald.<sup>131</sup> Een ander beroemd leerboek, Junckers *Conspectus Chemiae*, verscheen in 1749 evenwel onder de titel *Vollständige Abhandlung der Chemie*. Dit is een van de eerste malen dat de spelling 'Chemie' voorkomt in het Duits.<sup>132</sup> De spelling 'Chymisch' en 'Chymie' bleef nog tot na 1775 dominant. Ook in enige leerboeken die direct in het Duits werden geschreven was de spelling 'Chemie' en 'chemisch' in de tussentijd echter opgedoken. Dat zulke Duitstalige werken verschenen stond in een direct verband met nieuwe ontwikkelingen in de beoefening van de chemie.

Terwijl in de medische faculteiten nog vrijwel uitsluitend in het Latijn werd gedoceerd, ontstond er omstreeks het midden van de achttiende wederom een onderwijsbehoefte in de landstaal. Hierbij ging het enerzijds opnieuw om de apothekers, van wie inmiddels een hogere kwalificatie in de chemie werd ver-

langd. Anderzijds bracht de opkomst van de 'Kameralwissenschaften' aan de Duitse universiteiten een behoefte aan onderwijs in de basisprincipes en toepassingen van de chemie met zich mee. Dit onderwijs was vooral gericht op staatsbeambten ('oeconomen', Kameralisten), maar stond soms ook open voor fabrikanten en handwerkslieden.<sup>133</sup> Typerend is het doel dat voor de Duitse uitgave van het boek van Juncker werd geformuleerd: 'zur Anwendung in der Apothekerkunst, andern Künsten und Handwerken, der Hauswirtschaft und gemeinen Leben'. Het is in deze sector dat we de vroege gevallen van de nieuwe schrijfwijze aantreffen. Bijvoorbeeld in J.C. Zimmermanns *Allgemeine Grundsätze der Theoretisch-Practischen Chemie* (1755/56), waarin ruime aandacht besteed wordt aan de economische toepassingen van de chemie. De spellingen 'Chemie', 'Chymie', 'Chymicus' en 'Chemicus' worden door Zimmermann nog door elkaar gebruikt.<sup>134</sup>

Na een periode van stagnatie ten gevolge van de Zevenjarige Oorlog, die zich ook weerspiegelde in de boekenproductie, volgde in het laatste kwart van de achttiende eeuw een periode van grote bloei voor de Duitse chemie. De publicatie van geschriften over de technische en 'oeconomische' (= landhuishoudkundige) chemie werd toen voortgezet. De Göttingse hoogleraar J.C.P. Erxleben, de chemicus en apotheker J.C. Wiegleb en de Greifswaldse hoogleraar scheikunde C.E. Weigel hoorden tot de eersten die de nieuwe schrijfwijze gebruikten.<sup>135</sup> Ook nu was de opkomst van een nieuwe terminologie verbonden met een nieuwe fase in de institutionalisering van de chemie. In de jaren na de verschijning van de leerboeken van Weigel en de publicaties van Wiegleb, zette de schrijfwijze 'Chemie' snel door. Een belangrijke rol speelde daarbij de oprichting van het eerste tijdschrift in Duitsland dat geheel aan de chemie was gewijd: Lorenz Friedrich Crells *Chemisches Journal für die Freunde der Naturlehre, Arzneigelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen*. Dit tijdschrift, opgericht in 1778, en de opvolgers ervan, vormden een forum voor de chemici in Duitsland. Hufbauer heeft laten zien dat in de laatste twee decennia van de achttiende eeuw in Duitsland de vorming van een nationaal georiënteerd chemische gemeenschap tot stand kwam, waarbij de door Crell uitgegeven tijdschriften een cruciale rol speelden.<sup>136</sup> Het was binnen dit zich vormende forum van chemische onderzoekers dat de nieuwe terminologie een snelle verspreiding kreeg. Crell zelf had met het woord 'chemisch' in de titel van zijn tijdschrift de toon reeds aangegeven. Enkele chemici die een plaats in het centrum van de chemische gemeenschap innamen - Wiegleb en Gmelin - hanteerden de schrijfwijze 'Chemie' en 'chemisch' eveneens, zowel in hun publicaties als in leerboeken.<sup>137</sup> Via hun leerboeken werd de gewijzigde schrijfwijze ook door hun leerlingen en door andere studenten overgenomen.<sup>138</sup> Daarnaast bleef de spelling 'Chymie' en 'chymisch' tot aan het begin van de negentiende eeuw gangbaar.

De 'onderzoekschemici' rond het tijdschrift van Lorenz Crell noemden zichzelf 'Chemisten'. Dit woord (met een 'e') werd door mij, wanneer we afzien van een incidenteel gebruik in 1755, het eerst aangetroffen bij Wiegleb in 1777, en vervolgens bij Crell zelf in 1779 en 1781.<sup>139</sup> In 1786 werd er in Crells tijdschrift een oproep gedaan om een 'vereniging van Chemisten' op te richten.<sup>140</sup> Hoewel de spelling 'Chemist' de meest gangbare was, gebruikte Crell later ook de

nieuwe term 'Chemiker', een variant op het oudere 'Chymicus'. Ook de invoering van de nieuwe woorden 'Chemiker' en 'Scheidekünstler' was nauw met de opkomst van een Duitse chemische gemeenschap verbonden. Binnen deze gemeenschap speelde, zoals Hufbauer heeft laten zien, de verdediging van de 'Duitse cultuur' een grote rol.<sup>141</sup> Crell zelf en J.F.A. Götting verwoordden sterk de Duitse en, vooral ook, anti-Franse gevoelens. Andere chemici hingen vergelijkbare opvattingen aan.<sup>142</sup> Het gebruik van woorden met een Latijnse of Franse herkomst werd in deze kringen zoveel mogelijk vermeden. Een goed alternatief was voorhanden in het woord 'Scheidekunst', dat rond 1700 gangbaar was geweest, maar sindsdien in onbruik was geraakt. In 1769 bracht Lorenz Johann Daniel Suckow, hoogleraar te Jena, dit woord in chemische kringen opnieuw in omloop door de publikatie van zijn *Entwurf einer physischen Scheidekunst*. In 1773 gebruikte de salmiakfabrikant en publicist J.A. Weber de term in de titel van zijn, overigens niet succesvolle, *Monat-Schrift von nützlichen und neuen Erfahrungen aus dem Reiche der Scheidekunst und anderen Wissenschaften*. In een ander nieuw tijdschrift duikt dan enige jaren later ook het woord 'Scheidekünstler' op.<sup>143</sup> Götting, de uitgever van deze *Almanach oder Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker*, ontbrak het bepaald niet aan nationaal gevoel, zoals blijkt uit de volgende oproep aan zijn landgenoten:

Teutsche Chymiker! die weiser Enthusiasmus für ihre Wissenschaft noch durch Vaterlandliebe belebt, unterstützt den Ruhm der teutschen Chymie durch fleissige Beyträge und bestätigt dadurch die Meynung anderer Nationen, dass ihr von der Natur in Betracht eurer tiefdenkenden, stets nach Wahrheit forschenden und dadurch von andern Nationen auszeichnenden Eigenschaften eigentlich zu Chymisten und Naturforschern bestimmt seyd!<sup>144</sup>

Ook Crell had in 1778 reeds vergelijkbare opvattingen geventileerd.<sup>145</sup>

We zien dat Götting naast de term 'Scheidekünstler' en het vertrouwde 'Chymist', ook het woord 'Chymiker' gebruikte. Hij was daarmee een van de eersten die het woord 'Chymicus' door de term 'Chymiker' verving. Hieruit ontstond vervolgens de schrijfwijze 'Chemiker' (zie onder). De nieuwe term 'Scheidekünstler' die Götting had geïntroduceerd werd door anderen overgenomen. Taalpuristische overwegingen en Duits cultureel chauvinisme speelden bij de verbreiding van de nieuwe term zeker een rol. Een van de gebruikers van het woord 'Scheidekünstler', Jeremias Benjamin Richter, was daar in 1800 heel expliciet over:

Wanneer ik mij tot Duitsers richt, eis ik het recht op de Duitse taal en nomenclatuur te gebruiken in alle gevallen waar er geschikte uitdrukkingen voorhanden zijn, en alleen mijn toevlucht te nemen tot andere talen als mijn eigen taal niet rijk genoeg is.<sup>146</sup>

Na de Napoleontische tijd raakte het woord Scheidekünstler in onbruik. In 1820 veranderde Johannes Bartholomäus Trommsdorff de titel van het door Götting opgerichte tijdschrift in *Taschenbuch für Chemiker und Apotheker*.<sup>147</sup> De episode van de 'Scheidekünstler' was voorbij.

De schrijfwijze 'Chemiker' was aan dezelfde taalpuristische sentimenten

ontsproten, maar zou een langer leven beschoren zijn. In 1774 gebruikte de Duitse dichter Friedrich Klopstock (1724-1803) voor het eerst de term 'Chymiker' in de plaats van 'Chymicus' in zijn boek *Der deutsche Gelehrtenrepublik*. Hufbauer vermoedt dat dit gebruik door een vorm van 'cultural nationalism' ingegeven werd, hetgeen inderdaad gezien Klopstocks afkeer van de Franse cultuur plausibel is.<sup>148</sup> Hetzelfde gedachtengoed kwamen we al tegen in het citaat uit 1780 dat afkomstig was van de tweede gebruiker van de spelling 'Chymiker', Götting. In 1781 gebruikte Crell de term 'Chemiker' en vanaf die tijd vond dit woord geleidelijk ingang, waarbij wederom een grote invloed van Crells tijdschrift lijkt te zijn uitgegaan.<sup>149</sup> Pas na 1800 echter kwam de schrijfwijze 'Chemiker' steeds meer voor de spelling 'Chymist' en 'Chemist' in de plaats. Een belangrijke rol heeft daarbij de apotheker, chemicus, publicist en tijdschriftuitgever Trommsdorff gespeeld. In 1795 gebruikte hij dit woord voor het eerst, toen nog naast het woord 'Chemist', maar vanaf ongeveer 1800 schreef hij nog uitsluitend 'Chemiker'.<sup>150</sup>

Voor de derde maal was een transformatie van de spelling opgetreden, waarbij ditmaal het ontstaan van het technisch-chemische onderwijs aan onder andere de Kamerschulen en de opkomst van een nationale Duitse gemeenschap van chemische onderzoekers de beslissende factoren waren geweest.

## **2.3 Chemisten, Chemiker, Scheidekunstler en Laboranten aan het einde van de 18de eeuw: het ontstaan van een nieuw beroep?**

De voorafgaande twee paragrafen hebben de 'chemie' laten zien als een concept dat in de periode voorafgaand aan de negentiende eeuw voortdurend in verandering was. De terminologie en de begripsinhouden wijzigden zich enkele malen aanzienlijk, in samenhang zowel met theoretische en praktische ontwikkelingen binnen de chemie, als met de maatschappelijke omstandigheden waaronder dit kennis- en handelingsterrein functioneerde.

Wanneer we dit veranderingsproces overzien kunnen we constateren dat de chemie historisch gezien een succesvolle 'onderneming' is geweest. De personen die zich met dit vakgebied inlieten, het bestudeerden, chemische produkten bereidden, leerboeken schreven, lessen gaven in de chemie en chemische experimenten uitvoerden in hun laboratoria, waren in staat de grenzen van hun territorium steeds verder uit te breiden. Het werkterrein van de chemie, dat eerst alleen de op de veredeling en bereiding van metalen en mineralen gerichte vuur- en smeltkunst omvatte, breidde zich achtereenvolgens uit met de produktie van geneesmiddelen, met de verklaring van fysiologische processen in het menselijk lichaam, met het analytisch-chemisch onderzoek van bronwaters en metalen, met de chemische aspecten van de ambachtelijke en industriële techniek en, tenslotte, met grote delen van het natuuronderzoek. In de loop van deze ontwikkeling werd, zo heb ik laten zien, chemische kennis relevant, of althans relevant geacht, voor

een groeiend aantal groepen en beroepen. Alchemisten, destillateurs, artsen, apothekers, metallurgen, essayeurs, Kameralisten, glasmakers en ververs kwamen, evenals vele andere ambachtslieden, op een bepaald moment in de door mij behandelde periode in een situatie waarin de vraagstukken van hun praktijk als 'chemische vraagstukken' beoordeeld werden. Niet voor al deze groepen was de chemie even belangrijk. De aard van het contact met het vakgebied chemie kon variëren van een grondige scholing in de theoretische en praktische chemie, zoals voor sommige artsen en apothekers het geval was, tot niet veel meer dan een claim van de zijde van chemie-docenten dat kennis van de chemie uitermate nuttig voor, bijvoorbeeld, ververs en zeepzieders zou zijn.<sup>151</sup>

Chemische kennis en chemische vaardigheden speelden een rol in de opleiding en de beroepsuitoefening van verschillende beroepen. In het bijzonder gold dit voor de apothekers, de artsen en de metallurgen. Sommige vertegenwoordigers van deze beroepen noemden zich bij gelegenheid 'Chymist', 'Chymicus', of 'Chemiker'. Daar kan geen twijfel over bestaan. Bestond er daarnaast echter, met name aan het einde van de achttiende eeuw, ook een beroep van chemicus? Dat is de vraag, die in bovenstaand historisch overzicht nog niet expliciet beantwoord is, en waarop ik in deze paragraaf in zal gaan.<sup>152</sup>

Uit het gebruik van termen als 'Chymicus', 'Chymist', 'Chemiker' en 'Scheidekunstler' in schriftelijke bronnen mogen we niet concluderen dat daarmee beroepen werden aangeduid. In de meeste gevallen betekenden deze termen niet veel meer dan dat de aangeduide persoon over enige kennis van de chemie beschikte. Boeken kregen bijvoorbeeld titels als *Den ontwaakten Chymist*, *The sceptical chymist*, of *Der vollkommene Chymist*, of de titelpagina kon vermelden dat het betreffende boek bestemd was voor 'Medicis, Chirurgis, Chymicis, Balbiren, Feld-Scherern, Rossärzten [en] Goldschmieden'.<sup>153</sup> Uit zulke boektitels of titelpagina's mag niet geconcludeerd worden dat dit leerboeken waren voor de opleiding van 'beroepschymisten'. Lemery's *Cours de Chimie, oder: Der vollkommene Chymist, welcher die in der Medicin gebräuchlichen chymischen Processen .. machen lernet* was bijvoorbeeld een werk dat primair, in Duitsland, voor de scholing van apothekers en artsen was bestemd.<sup>154</sup> Volgens het toen gangbare spraakgebruik was het niet ongebruikelijk om een uitdrukking te bezigen als 'een apotheker dient [tevens] een bekwaam chemicus te zijn', waar wij tegenwoordig eerder zouden schrijven dat 'een apotheker kennis van de chemie moet bezitten'.<sup>155</sup> In sommige gevallen echter, zoals ik hieronder zal laten zien, werd met de term 'Chymist' een producent van chemicaliën aangeduid die niet tot de groep van de apothekers behoorde. Dit was in zekere zin een 'beroepschymist'.<sup>156</sup>

Daarnaast verwezen termen als 'Chymicus' en 'Chymist' in de achttiende eeuw meer in het bijzonder naar personen die belangrijke chemische ontdekkingen hadden gedaan, naar beroemde leerboekauteurs, of in het algemeen naar degenen die bekwaam waren in het verrichten van scheikundig onderzoek. Men denke aan zinsneden als 'de chemici Becher en Stahl' (1753) en 'de wetenschappers in Londen laten Stahls theorie meer en meer vallen, maar de Duitse chemici hangen deze nog sterk aan' (1790).<sup>157</sup> De ruimere en de zojuist genoemde meer

specifieke betekenis van termen als 'Chymicus', 'Chymist' en 'Scheidekünstler' hebben met elkaar gemeen dat ze geen enkele expliciete referentie aan een beroepsmatige beoefening van de chemie bevatten. Dit is ook een kenmerk van de volgende definitie uit J.H. Zedlers *Grosses vollständiges Universal-Lexicon aller Wissenschaften und Künste* uit 1733:

Chymist, Chymicus wird derjenige genennet, welcher in der Scheidekunst erfahren und geschickt ist, die Körper in ihre wahren Principia zu resolviren und wieder mit einander zu vereinigen<sup>158</sup>

en van de omschrijving die J.H. Campe gaf in zijn *Wörterbuch* van 1810: 'Scheidekünstler [is hij] der die Scheidekunst versteht und übt'.<sup>159</sup> Deze definities zijn weliswaar geen echte tautologieën, zoals Gustin stelt, maar veel scheelt het niet.<sup>160</sup> Alle personen die over chemische kennis en, vooral, chemische laboratoriumervaring beschikten konden volgens deze omschrijvingen 'chemicus' worden genoemd.

Het zou echter onjuist zijn deze meest gangbare omschrijving van woorden als 'Chymicus', 'Scheidekünstler' en 'Chymist' als de exclusieve betekenis van deze termen in de zeventiende en achttiende eeuw te zien. Soms werden deze termen in een beperktere betekenis gebruikt en verwezen ze wel degelijk naar een beroepsmatige beoefening van de chemie. Zo adverteerde de 'Chemiker' G.J. Weingärtner uit Beieren in 1789 dat hij goedkoop fosfor en alle andere chemische producten leverde, die gewoonlijk van drogisten en 'Laboranten' betrokken konden worden.<sup>161</sup>

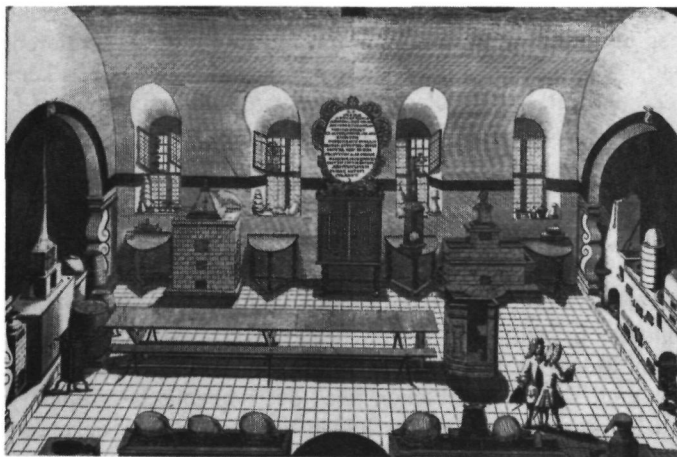
Deze advertentie illustreert goed in welke, meer beperkte, betekenis het begrip 'chemicus' soms werd gebruikt: die van een producent van chemische producten, of 'chemicalia'. In het *Lexicon Chymicum* van A.C. Ernesting uit 1741 werd een definitie gegeven die op de algemene omschrijving van Zedler leek, maar waarin in het bijzonder de chemicus als producent naar voren werd gehaald:

Ein solcher, wer die Chymie recht versteht und selbige practiciret wird ein Chymicus, ein Chimiste, ein Laborante genannt, und die Artzeneyen, die er bereitet, werden Chymica medicamenta, Chymische Artzeneyen, auch Chymicalia genannt.<sup>162</sup>

De term 'Laborant', die ook voorkwam in de advertentie van Weingärtner, werd door Ernesting dus als synoniem met de termen 'Chymicus' en 'Chimist' beschouwd en dit woord was - de naam zegt het en onderstaande definities onderstrepen het - zonder twijfel de benaming voor een handwerksmatig uitgeoefend chemisch beroep.

Laborant heisset einer, der in destilliren und andern Chymischen Arbeiten wohl erfahren ist, und täglich damit umgehet,

luidde de omschrijving in Hübners lexikon uit 1712.<sup>163</sup> Over de aard van dit beroep worden we uitvoeriger ingelicht door de auteurs van een *Tabellarische Beschreibung von sechzig Handwerken* uit 1803:



**Afb. 6:** In het in 1682 in opdracht van de hoogleraar geneeskunde J.M. Hoffmann jr. gebouwde laboratorium van de universiteit van Altdorf konden medische studenten onderwezen worden in de werking en het gebruik van verschillende typen ovens, zoals een docimastische- of kupellatie-oven (rechts), een waterbad, een reverbereerooven en enkele verplaatsbare ovens. In het midden van dit 36 bij 15 voet grote laboratorium bevond zich de kathedra voor de hoogleraar en een tafel waaraan de studenten konden plaatsnemen (*Fotodienst KU Nijmegen*).

**Afb. 7:** De chymische werkplaats van de firma d'Ailly aan de Schans bij de Zaagmolenpoort te Amsterdam - in 1812 geschilderd door J. Jelgershuis - diende voor de bereiding van geneesmiddelen en chemicaliën. Amsterdam bezat in de zeventiende en achttiende eeuw vele van zulke produktielaboratoria waar chymisten ('Laboranten') hun werk deden (*Rijksmuseum, Amsterdam*).



Der (chymische) Laborant, Lat. Chymicus, english the Chymist, ist allerdings ein freier Künstler und also nicht unter die Handwerker zu zählen, darf aber in einer städtischen Technologie nicht fehlen, weil er doch eine gewisse Zahl Lehrjahre aushalten muss und durch Destillation und Chymie laborirt, d.i. eine Menge Waren verfertigt, welche in Städten verkauft und gebraucht werden...<sup>164</sup>

De ambachtelijk werkende 'Laboranten' en 'Chymisten' waren dus, zo blijkt uit deze omschrijving door Memmert en Erdinger, niet in gildeverband georganiseerd, maar ze oefenden wel degelijk een herkenbaar beroep uit. In Nederland en Engeland heetten de vertegenwoordigers van deze beroepsgroep 'chymist', of 'chemist', en ook in Frankrijk werden de handwerkslieden die in hun laboratoria, op basis van zorgvuldig gekoesterde bedrijfsgeheimen, 'parfums, fosfor, verfstoffen en email' bereidden, 'chimistes' genoemd.<sup>165</sup> In Duitsland was de benaming 'Laboranten' de meest gebruikelijke voor deze producenten van 'chemicalia', maar ook kwamen, zoals ik heb laten zien, de aanduidingen 'Chemiker', 'Chymicus' en 'Chymist' voor.

De omschrijving van de 'Chymist', of 'Laborant', als een producent van 'Chimische Artzeneyen' of 'Chymicalia', sluit naadloos aan bij de zeventiende eeuwse definities van de chemie in de traditie van Libavius en Beguin. Toen was de chemie primair de kunst om 'chemische geneesmiddelen' te maken en deze 'chemische revolutie' in de medische receptuur vormde de economische basis voor de opkomst van het nieuwe beroep van 'chymist'. Deze 'chymisten' waren de 'beoefenaren van de chymie' in de periode dat de chemie bovenal een 'productieve kunst' was. Zij leverden de 'chemische middelen' aan de artsen in de tijd dat de apothekers nog volgens de oude Galenische voorschriften hun geneesmiddelen bereidden. Ze werden in later de tijd de leveranciers van chemicaliën en chemische geneesmiddelen aan die apothekers, die de productie van bepaalde 'chemicalia' niet zelf ter hand namen. Uit sommige van deze 'chymisten laboratoria' groeiden in de achttiende en vroege negentiende eeuw grotere chemische en farmaceutische fabrieken.

Toen vanaf de tweede helft van de zeventiende eeuw de chemie, zoals in § 2.1 beschreven is, steeds losser van de geneeskunde kwam te staan en steeds meer van een 'kunst' in een 'wetenschap' veranderde, wijzigde hand in hand met de inhoud van het begrip 'chemie' zich ook de betekenis van de uitdrukking 'beoefenaren van de chemie' (de 'chemici' volgens de definities van Zedler en Campe). Terwijl een chemicus aanvankelijk een bereider van 'chemicalia' was, lezen we aan het einde van de achttiende eeuw dat 'fabriquers ... hunne toevlugt neemen .. tot een Scheikundigen, ... [voor] het doen van eene of andere proefneeming'.<sup>166</sup> In plaats van producent, was de chemicus - althans een déél van de personen die zich zo noemden - experimentator geworden. Daarnaast waren er echter fabrikanten van chemische producten actief die zich 'Chymisten' (of Laboranten) noemden. De oude zeventiende eeuwse betekenis van het woord 'Chymist' (later 'Chemist') en de nieuwe achttiende eeuwse betekenis van dit woord bleven tot in de negentiende eeuw naast elkaar bestaan! Daarbij refereerden beide betekenissen naar twee verschillende groepen: de chemicaliën producerende 'Chymisten' en de zich steeds vaker 'Chemiker' noemende groep van amateur onderzoekers en chemie-docenten die Hufbauers 'chemische gemeenschap' vorm-

den. Het is deze dubbele betekenis van de term 'Chymist' die in de historische literatuur over dit onderwerp vaak onvoldoende is onderkend en voor de nodige verwarring heeft gezorgd.<sup>167</sup>

De vorming van een 'chemische gemeenschap' van scheikundig gerichte natuuronderzoekers, waarin chemici als Crell, Götting en Wiegleb zo'n belangrijke rol speelden, ging nadrukkelijk gepaard met een zich afzetten tegen 'gewone Laboranten'.<sup>168</sup> Zo berichtte Götting naar aanleiding van een bezoek aan Engeland:

Die mehresten von allen diesen, ob sie gleich Chemisten heissen, wissen wenig oder gar nichts von Chemie, ..., sondern was sie bereiten, bereiten sie nach dem englischen Apothekerbuche, und zwar ganz handwerkmäßig...<sup>169</sup>

De hardnekkige gewoonte van Götting en de zijnen om de Duitse fabrikanten van chemische preparaten 'Laboranten' te noemen, was een van de strijdmiddelen om zich tegen de louter ambachtelijke chemiebeoefening af te zetten - ter onderstreping van het wetenschappelijke karakter van hun eigen werk. De termen 'Chymist', 'Chemiker' en 'Chymicus' werden voor de eigen groep gereserveerd.<sup>170</sup> Terwijl J.C. Zimmermann in 1755 de twee groepen chemici nog had moeten onderscheiden door de term 'Chemicus' van de toevoegingen 'theoretico-practicus' en 'Empirico' te voorzien, werd de gelijkstelling van de termen 'Laborant' en 'Chymist' zo steeds verder opgeheven.<sup>171</sup> Na 1800 hadden de 'Chemiker' zich zowel van de 'Alchemisten' als van de 'Laboranten' definitief gedistantieerd.

Pas wanneer men onderkent dat de inhoud van het begrip 'chemie' in de loop van de tijd enkele grote wijzigingen onderging (§ 2.1), die elk hun eigen vormen van institutionalisering kenden, wordt het mogelijk het vraagstuk of het beroep van chemicus aan het einde van de achttiende eeuw 'bestond' gedifferentieerd te benaderen. Op basis van de voorafgaande discussie kan dan geconcludeerd worden dat voor de uitoefening van het klassieke Chymisten beroep, in de traditie van Beguin, het bezit van een 'chymische werkplaats', een laboratorium of fabriek essentieel was. Voor een beroepsmatige uitoefening van de scheikunde in de traditie van mensen als Crell en Wiegleb was daarentegen het bezit van een grondige theoretische kennis van de chemie en de geoefendheid in analytisch-chemische laboratoriumvaardigheden essentieel.<sup>172</sup> Het is het ontstaan van deze vorm van beroepsbeoefening, die sterk gekoppeld is aan een voorafgaande chemische scholing, die ik in de volgende hoofdstukken ga onderzoeken. Ik analyseer daarbij het proces waarin uit het chemisch onderwijs aan artsen, apothekers, technologen, fabrikanten en ambachtslieden een (beroeps)onderwijs voor 'Chemiker von Fach' ontstond. De analyse vangt in hoofdstuk 3 aan bij de opkomst van het 'technisch-chemische' onderwijs in de achttiende eeuw.

## DE OPKOMST VAN HET TECHNISCH-CHEMISCHE ONDERWIJS IN HET TIJDPERK VAN DE VERLICHTING

De veranderingen die na 1650 optraden in de inhoud en scope van het begrip 'chemie' stonden, zoals in het vorige hoofdstuk enkele malen aangegeven is, niet los van ontwikkelingen van institutionele aard. Dat de betekenis van de term 'chemie' veranderde van 'een kunst om geneesmiddelen te maken' in een 'kunst en wetenschap van de natuur' met toepassingen op een groot aantal terreinen, hield ondermeer verband met veranderingen in de verhouding tussen artsen en apothekers, met wijzigingen in de taken van de universiteit, met het ontstaan van wetenschappelijke genootschappen en met ontwikkelingen in de mijnbouw en de metallurgie. In dit hoofdstuk zullen niet al deze sociale en institutionele processen uitvoerig aan de orde komen. Er zal naar deze processen gekeken worden vanuit de beperktere optiek van de institutionele geschiedenis van het chemische onderwijs. Daarbij zal onderzocht worden hoe er naast het reeds binnen de medische faculteiten geïnstitutionaliseerde scheikunde-onderwijs, nieuwe vormen van scheikunde-onderwijs ontstonden gericht op andere doelgroepen dan die van het zeventiende eeuwse chemie-onderwijs.

Omstreeks 1700 stond vrijwel al het onderwijs in de chemie volledig ten dienste van de scholing van medici en apothekers. De mate van institutionalisering van het scheikunde-onderwijs voor de apothekers was daarbij gering. Op enkele praktische laboratoriumcursussen na, die bijvoorbeeld in Parijs en in de Republiek gegeven werden, speelde zich de chemische scholing grotendeels af tijdens de leerjaren in de apotheek. In de avonduren werden de chemische leerboekjes die speciaal voor de apothekersleerlingen geschreven of vertaald waren bestudeerd, ter voorbereiding op de chemische onderdelen van het examen. De nadruk lag dus op zelfstudie en begeleiding door een deskundige docent ontbrak.<sup>1</sup> Geheel anders was de situatie binnen het medische onderwijs. Aan een groot aantal universiteiten waren er gedurende de laatste decennia van de zeventiende eeuw laboratoria gebouwd ten dienste van het chemische onderwijs en hoogleraren benoemd voor wie het vak chemie een vast onderdeel van hun leeropdracht vormde. De institutionalisering van het chemische onderwijs binnen de medische faculteiten, welke reeds vanaf 1609 aarzelend begonnen was, zette zich toen over een breed front door. Aanvankelijk waren het in Duitsland vooral de protestantse Noordduitse

universiteiten die leeropdrachten op het gebied van de chemie instelden. In de loop van de eerste helft van de achttiende eeuw volgden de katholieke Zuidduitse universiteiten eveneens. Deze ontwikkeling, die in de chemiehistorische literatuur uitvoerig beschreven is, leidde ertoe dat het leervak chemie een integraal onderdeel van het medische curriculum werd.<sup>2</sup> De chemie werd als een medische discipline werd beschouwd, vergelijkbaar met bijvoorbeeld de anatomie of de obstetrie.

Vanuit het perspectief van de geschiedenis van het beroep van chemicus was het ontstaan van een groep chemiedocenten de belangrijkste implicatie van deze institutionalisering van het leervak chemie binnen de medische faculteit. Hoewel het geven van onderwijs in de chemie een onderdeel van hun beroepsactiviteiten was mag men deze vroeg-achttiende eeuwse chemiedocenten niet als 'beroepschemici' zien. Het waren in de eerste plaats medici - die er regelmatig naast hun professoraat een uitgebreide praktijk op na hielden - voor wie het geven van chemische lessen slechts één van hun onderwijstaken was. In de loop van de achttiende eeuw trad er evenwel een specialisatieproces op waarbij het onderwijs in vakken als de chemie, de botanie en de farmacie van de medische hoofdvakken werd losgemaakt. Er werden vanaf 1750 - nog steeds binnen de medische faculteit - aparte leerstoelen 'chemie en botanie' en 'chemie en farmacie' ingesteld waarop personen benoemd werden die zich in een aantal gevallen vrijwel uitsluitend bezighielden met vraagstukken van chemische aard.<sup>3</sup> De drijvende krachten achter dit specialisatieproces kwamen voor een belangrijk deel van buiten de medische sector.

Door ontwikkelingen binnen de mijnbouw en de nijverheid en door veranderingen in de maatschappelijke plaats van het universitaire onderwijs als geheel, kwam er ook buiten de medische setting een institutionalisering van het chemische onderwijs op gang. Dit proces, dat een cruciale rol speelde in de losmaking van de chemie uit de geneeskunde en in de ontwikkeling van de chemie tot een zelfstandig vakgebied, vormt het onderwerp van dit hoofdstuk. Aan de medisch-farmaceutische sector ga ik grotendeels voorbij, tenzij daar ontwikkelingen plaatsvonden die een grote invloed hadden op de institutionele geschiedenis van het chemische onderwijs als geheel. Het ontstaan van een hervormingsbeweging onder de apothekers en, in het kielzog daarvan, de oprichting van particuliere chemisch-farmaceutische opleidingsinstituten waren bijvoorbeeld zulke ontwikkelingen. Er zal uitvoerig aandacht aan worden besteed.<sup>4</sup> Voor het overige valt de nadruk op de geschiedenis van het technisch-chemische onderwijs. Zo wordt tevens de voorgeschiedenis van het polytechnische scheikunde-onderwijs behandeld, dat het thema van de volgende hoofdstukken vormt.

De opkomst van het onderwijs in de technische chemie, gericht op de nijverheid en de metallurgie, kan niet los gezien worden van meer algemene economische, sociale en ideologische ontwikkelingen in het Duitsland van de achttiende eeuw. De moraalfilosofie van het piëtisme, die voorschreef dat burger en staat zich op het 'gemeine Beste' dienden te richten, en het rationalisme van de volgelingen van

Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716) en Christian Wolff (1679-1754), oefenden een aantrekkingskracht uit op grote delen van de geletterde bevolking.<sup>5</sup> Staatsbeambten, aristocraten en burgers, al dan niet verenigd in genootschappen en sociëteiten, streefden ernaar verschillende maatschappelijke instituties en procedures, zoals de gezondheidszorg, het onderwijs, het rechtstelsel en het economisch beleid, op basis van hun verlichte denkbeelden te hervormen.<sup>6</sup>

De mercantilistische economische politiek van verschillende Duitse vorsten was gericht op de verbetering van de nationale handelsbalans. Men voerde daarom een beleid, waarin aan de bevordering van de nijverheid en de rationelere exploitatie van de aanwezige binnenlandse minerale en agrarische hulpbronnen een groot gewicht werd toegekend. Met verschillende maatregelen trachtten de overheden die doelen te bereiken: door staatscontrole op de nijverheid ('Gewerbe-Polizei'), door het verlenen van exclusieve rechten (monopolies), door de oprichting van overheidsbedrijven en door het doorvoeren van hervormingen in het universitaire onderwijs. Vaak tegen de wil van de academische senaat en de faculteiten werden de Duitse universiteiten in de loop van de achttiende eeuw steeds meer tot opleidingsinstituten voor staatsbeambten.<sup>7</sup>

De patriottische en 'oeconomische' genootschappen die in de tweede helft van de achttiende eeuw ontstonden, streefden eveneens de bevordering van het 'Gemeinwohl' en de nationale welvaart na. Anders dan de vroeg-achttiende eeuwse mercantilisten die de economische ontwikkeling veelal via juridische en fiscale maatregelen trachtten te stimuleren, droegen deze genootschappen de visie uit dat de bevordering van wetenschap en techniek het middel bij uitstek vormde om de nationale nijverheid tot bloei te brengen. Dit kreeg gestalte doordat er, in de Franse traditie van de *Encyclopédie* en de *Description des Arts et Métiers* 'nuttige kennis' via tijdschriften en boeken werd verbreid, er prijsvragen uitgeschreven werden om verschillende technische en economische problemen op te lossen en pogingen ondernomen werden om onderwijs van de grond te krijgen gericht op de scholing van de fabrikant en de ambachtsman.

De verbreiding van chemische kennis en het opzetten van cursussen op chemisch gebied stonden steeds hoog op de agenda van deze hervormingsbewegingen. Dit mag niet als een natuurlijk gegeven worden beschouwd. Een vak dat gericht is op het maken van geneesmiddelen is niet automatisch relevant voor, bijvoorbeeld, de ververij. De nieuwe rationeel-utilitaire benadering van de chemie werd gedragen door een aanvankelijk kleine groep chemisch geschoolden die nauwe banden met de mercantilistische politici en met de onderwijshervormers onderhield. Zo was de chemisch geschoolde hofmedicus en wiskundige Johann Joachim Becher (1635-1682) tevens een van de grondleggers van de Duitse mercantilistische politieke economie, en een van de eersten die 'Werkhäuser' en 'Kunstschulen' voorstelde als middelen om technische kennis te verbreiden en arbeidskrachten te scholen. Als adviseur van de Beierse en Oostenrijkse vorsten was hij bij de oprichting van een groot aantal chemische fabrieken betrokken.<sup>8</sup> Zijn navolger Georg Ernst Stahl gaf vanaf 1694 als hoogleraar in de geneeskunde aan de nieuw opgerichte Pruisische universiteit te Halle - naast zijn medische en

chemische colleges - als een van de eersten in Duitsland lessen in de 'Oeconomie'. Stahl wist door zijn colleges en boeken op het gebied van de chemische metallurgie, de ververij en de grondslagen van de vergisting, de chemie onder de aandacht van een nieuw, niet-medisch, publiek te brengen. Hij stond in Halle in contact met vooraanstaande voorlopers van de Duitse Verlichting en met de invloedrijke piëtistische pedagoog August Hermann Francke, de inspirator van de eerste 'Realschulen' in Duitsland. Als lijfarts van koning Friedrich Wilhelm I had Stahl later invloed binnen het Pruisische hof.<sup>9</sup>

De rationeel-utilistische benadering van de chemie die Stahl en zijn navolgers verkondigden en in praktijk brachten, toonde de Duitse heersers en Kameralisten de relevantie van chemische kennis voor de mijnbouw, de metallurgie, de zoutproductie en vele andere takken van de nijverheid. Zo won geleidelijk de opvatting veld dat onderwijs in de chemie een belangrijke rol kon spelen in de verbetering van ambachten, fabrieken en trafieken, en een onderdeel diende te zijn van het nieuw op te zetten onderwijs aan Kameralisten, mijnbouwkundigen en fabrikanten. De Stahlianen speelden in dit proces waarin de chemie steeds onafhankelijker werd van de geneeskunde een sleutelrol.<sup>10</sup>

In dit hoofdstuk heb ik ervoor gekozen de ontwikkelingen op het gebied van het chemisch onderwijs te behandelen tegen de achtergrond van de ontwikkeling van de standenmaatschappij in Duitsland, omdat vooral op die wijze de relaties tussen de doelstellingen en inrichting van het (technisch-) chemische onderwijs, de toekomstige maatschappelijke functies van de leerlingen en de vorming van beroepsgroepen zichtbaar kunnen worden gemaakt.<sup>11</sup> Tot in de negentiende eeuw was het Duitse onderwijs sterk volgens de scheidslijnen van de standenmaatschappij georganiseerd. De scholen voor de maatschappelijke bovenlaag van adellijken, staatsbeambten en geleerden - zoals de gymnasia, universiteiten en 'Ritterakademien' - werden nauwelijks door kinderen uit de burgerij bezocht (§ 3.1). Voor deze laatsten waren er de 'Volksschulen', de 'Realschulen' en de 'Industrieschulen' (§ 3.2). Aan het einde van de achttiende eeuw kwam het echter tot pogingen om deze strakke standsgebondenheid van het onderwijs te doorbreken. Dit leidde tot nieuwe schooltypen, waarbinnen ook chemisch onderwijs een plaats kreeg. Deze ontwikkeling vormde de voorbode van de oprichting van de polytechnische scholen aan het begin van de negentiende eeuw (§ 3.3).

### 3.1 Chemisch onderwijs voor de elite: staatsbeambten, grondbezitters en geleerde 'Technologen'

De belangen van de staat speelden een belangrijke rol bij het ontstaan van onderwijs waarin aan de nijverheid en de techniek aandacht werd besteed. Terwijl ambachtsheden, handelaars, fabrikanten en andere in handel en nijverheid werkzame burgers ('Wirtschaftsbürger') hun scholing nog volledig in de praktijk verkregen, werden er vanaf het einde van de zeventiende eeuw speciale, in

school- of cursusverband georganiseerde opleidingen voor militaire en civiele staatsbeambten opgezet. Aanvankelijk ging het daarbij uitsluitend om gespecialiseerde vakopleidingen voor vestingbouwkundigen, genie-officieren, civiele bouwkundigen, architecten en beeldhouwers. Voorbeelden zijn de 'Ingenieur-Schulen' te Wenen (1670/ 1717/ 1747), Praag (1717), Olmütz (1725) en Dresden (1742), de Weense *Akademie der bildende Künste* (1692) en de *Akademie der Künste und mechanischen Wissenschaften* te Berlijn (1696). Later in de achttiende eeuw werden er ook aparte scholen voor artillerie-officieren opgericht, zoals in Wenen in 1744 en in Darmstadt en Berlijn in 1791.<sup>12</sup>

Daarnaast ontstonden er in de verschillende Duitse staten meer algemene opleidingen, bestemd voor toekomstige beambten die, in het kader van de mercantilistische economische politiek, toezicht zouden kunnen houden op handel en nijverheid, of bekwaam waren om aan het hoofd van vorstelijke domeinen of van staatsmanufacturen en -fabrieken te staan. De Pruisische koning liep op dit gebied voorop, door als eerste Duitse vorst in 1727 leerstoelen 'oeconomia et cameralia' te stichten aan de universiteiten in Halle en Frankfurt a/d Oder.<sup>13</sup> Tussen 1727 en 1770 hebben vrijwel alle Duitse vorsten aan hun landsuniversiteiten zulke leerstoelen opgericht.<sup>14</sup> Het leervak 'Oeconomia' behelsde de huishoudkunde in de letterlijke betekenis van het woord. Het was de kundigheid van het voeren van een 'huishouding', meestal een landgoed, zowel in economische als in technische zin. In de praktijk ging het daarbij meestal om de 'landbouwhuishoudkunde'. De 'Kameralistik' was aanvankelijk een leervak bestemd voor de beambten die werkzaam zouden zijn binnen de vorstelijke 'Kammern', die de staatsdomeinen beheerden, de belastingen inden, of de uitvoering van andere landsheerlijke rechten ter hand namen.<sup>15</sup> De nadruk lag sterk op het financiële aspect. De 'Oeconomia' en de 'Kameralistik' waren twee vakgebieden die naast elkaar stonden en elkaar aanvulden.

Dit veranderde toen G.H. Zincke (1692-1769) en J.H.G. von Justi (1720-1771) omstreeks 1750 aan het begrip 'Kameralistik' een veel ruimere inhoud gaven. In plaats van een deelgebied binnen de universitaire beambtenopleiding, werd het nu de aanduiding voor het overkoepelde vakgebied. De 'Oeconomia' werd, naast vele andere vakken, een onderdeel van de 'Kameralistik', of 'Kameral-Wissenschaften', zoals dit terrein sinds Von Justi en Zincke ging heten.<sup>16</sup> Von Justi en Zincke kunnen als de eigenlijke grondleggers van de 'Kameral-Wissenschaften' worden beschouwd. In plaats van een enkele leerstoel op dit gebied stond hen een complete studierichting voor ogen voor de opleiding van grondbezitters, beambten en ander hoog opgeleid personeel in dienst van de adel en de staat. Daarbij zou ook aan verschillende technische onderwerpen aandacht besteed moeten worden, zoals aan de akkerbouw, de bosbouw, de mijnbouw en metallurgie en aan de kennis van manufacturen en fabrieken. Enerzijds dienden, volgens de achttiende eeuwse kameralisten, alle leidinggevende bestuursambtenaren enige algemene kennis van de meer technische aspecten van landbouw en nijverheid te bezitten. Anderzijds waren cursussen over bijvoorbeeld de mijnbouw, de metallurgie en de bosbouw, van belang voor het opleiden van een gespecialiseerd technisch kader

ten behoeve van de mercantilistische staat.

In beide gevallen diende de praktische leerschool binnen de ambtelijke hiërarchie vervangen te worden door een grondige theoretische scholing op universiteiten.<sup>17</sup> Deze politiek van de Duitse vorsten had belangrijke implicaties. Het maakte van de universiteiten in toenemende mate staatsscholen en betekende een breuk met het traditionele corporatieve universiteitsmodel. Op termijn was deze ontwikkeling van invloed op de aard van het professionaliseringsproces van de academische beroepen in Duitsland. De 'staatsbeambte', die zich niet op grond van zijn afkomst maar op basis van zijn - door een staatsexamen getoetste - kwalificaties een beroepspositie met bijbehorende hoge status verworven had, werd het na te streven voorbeeld voor de leden van andere beroepsgroepen.<sup>18</sup> Voor de 'technische staatsbeambten' richtte men naast de universiteiten in sommige Duitse staten ook speciale akademies ('Fachschulen', 'Spezialschulen') op. Het eerst geschiedde dit in de mijnbouwsector (ca. 1763-1770). Later volgden speciale bosbouwscholen, landbouwinstituten en opleidingen voor veeartsen. In Zuid-Duitsland bleef de universiteit echter ook voor de technische specialisten het opleidingsinstituut bij uitstek.

Binnen de conceptie die kameralisten als Zincke en Von Justi van hun vakgebied hadden, speelde ook de chemie een rol. Evenals Stahl beschouwden zij deze discipline als een belangrijke hulpwetenschap bij de bestudering van de mijnbouwkunde, de landbouwkunde, de fabrieksnijverheid en andere deelterreinen van de 'Kameralistik'.<sup>19</sup> Het was dan ook in het kader van de opkomende 'Kameral-Wissenschaften' dat het vroegste niet-medisch gerichte universitaire chemie-onderwijs ontstond.<sup>20</sup> Het eerst gebeurde dit in samenhang met het onderwijs in de mijnbouwkunde en de metallurgie, waar reeds een oudere buiten-universitaire onderwijs traditie bestond.

### *De metallurgische chemie*

De scheiding tussen de metallurgie en de 'Chymie', die in de eerste decennia van de zeventiende eeuw door de institutionalisering van de chemie binnen de geneeskunde was ontstaan, verminderde aan het einde van de zeventiende en het begin van de achttiende eeuw. Een speciale rol speelden daarbij chemisch geschoolde artsen, die in contact stonden met het mijnbouwbedrijf. In Zweden bracht de arts Urban Hiärne - die van 1683 tot 1719 het oorspronkelijk voor de produktie van geneesmiddelen opgerichte, onder de mijnbouwraad (*Bergskollegium*) ressorterende 'Laboratorium Chymicum' leidde - verschillende metallurgische en essayeustechnieken binnen de horizon van de chemie.<sup>21</sup> In de Saksische mijnbouwstad Freiberg was Johann Friedrich Henckel (1678-1744) - een leerling en navolger van Stahl, die zich daar als arts gevestigd had - degene die de chemie en de metallurgie nader tot elkaar bracht. Vanaf ongeveer 1714 gaf hij in Freiberg particuliere lessen op het gebied van de chemie.<sup>22</sup>

Na Stahl te Halle, was Henckel daarmee een van de eersten die chemisch onderwijs gaf dat niet voor artsen of farmaceuten was bestemd. Gedurende de



eerste decennia van de achttiende eeuw vond hun voorbeeld nauwelijks navolging. De scholing van keurmeesters, smelters en toezichhoudend mijnpersoneel geschiedde volledig in de praktijk. De probeerkunst maakte men zich meestal eigen door bij een ervaren meester in de leer te gaan. Soms was er onderwijs in een meer cursorisch verband.<sup>23</sup> Systematisch onderwijs in de chemie werd - Freiberg uitgezonderd - in de mijnbouwgebieden niet gegeven. Alleen aan de universiteiten te Halle en Leipzig was het onderwijs in de metallurgische chemie een regelmatig terugkerend onderdeel van het collegeaanbod.<sup>24</sup>

In 1733 kreeg Henckel, die inmiddels tot 'Bergrat' was benoemd, van de Saksische keurvorst geld voor de inrichting van een laboratorium te Freiberg en een jaarlijkse vergoeding voor de exploitatielasten. Zijn chemische cursus kreeg nu een meer officiële status. Verschillende later beroemde chemici (Marggraf, Lomonossov, Spielmann) studeerden bij Henckel chemie. Na Henckels dood zette C.E. Gellert (1713-1795) vanaf 1749 het chemische onderwijs in Freiberg voort.<sup>25</sup> Hij publiceerde een jaar later zijn *Anfangsgründe zur metallurgischen Chymie*. Dit was een van de eerste chemische leerboeken waarin de nadruk niet op medische of farmaceutische zaken viel.<sup>26</sup> Bij de oprichting van de Freibergse *Berg-Akademie* in 1765, benoemde de Saksische overheid Gellert tot hoogleraar in de metallurgische chemie aan die school.

De oprichting door de Duitse vorsten van mijnbouwakademies - te Freiberg, Schemnitz (1770) en Berlijn (1770) - en van bijzondere leerstoelen op het gebied van de mijnbouwwetenschappen, de metallurgie en de metallurgische chemie - zoals in Brunswijk (1749), Praag (1763), Schemnitz (1763), Idria (1763), Kassel (1766) en Wenen (1773) - betekende een nieuwe fase in de ontwikkeling van het chemisch onderwijs.<sup>27</sup> Door de start van dit metallurgisch-chemische en het nog te behandelen 'oeconomisch chemische' onderwijs werd voor het eerst een volwaardige institutionalisering van het onderwijs in de scheikunde binnen een niet-medische context bereikt.

Het onderwijs in de metallurgische chemie dat tot dan toe aan de universiteiten gegeven was, had een incidenteel karakter en was geen verplicht onderdeel van de training van beampten en 'staatstechnici'. De grootscheepse reorganisaties van het overheidsapparaat en van de opleidingen voor staatsbeampten die in het kielzog van de Zevenjarige Oorlog (1756-1763) in Oostenrijk, Saksen, Pruisen en enkele andere Duitse staten werden doorgevoerd, veranderden deze situatie totaal. Voor de 'hogere' staatsfuncties was een vooropleiding aan een universiteit of aan een van de speciaal voor dat doel opgerichte mijnbouw-, bosbouw- of militaire akademies voortaan verplicht. Het was deze ontwikkeling, die er voor zorgde dat de institutionalisering van het chemische onderwijs een nieuwe fase in ging. Met recht kan hier over een nieuwe fase gesproken worden, want de oprichting van chemische leerstoelen buiten de medische setting had belangrijke inhoudelijke en institutionele consequenties, die verder reikten dan het ontstaan van een tweede chemisch specialisme (de 'metallurgische chemie') naast de bestaande 'medische chemie'. De institutionalisering van de chemie in twee verschillende contexten betekende, zoals Meinel heeft betoogd, een essentiële schakel in het ontstaan van

de chemie als een zelfstandig wetenschapsgebied.<sup>28</sup>

Bijzonder invloedrijk, ook binnen de Duitse academische wereld, waren de denkbeelden over de chemie van de Zweed Johan Gottschalk Wallerius (1709-1785), vanaf 1750 professor in de chemie, metallurgie en farmacie te Uppsala. De Zweedse ontwikkelingen illustreren bijzonder duidelijk de invloed die de opkomst van de 'Kameral-Wissenschaften' en het metallurgisch onderwijs hadden op de inhoudelijke structurering van de chemie. Het is van belang hier wat langer bij stil te staan.

### *Het onderscheid tussen zuivere en toegepaste chemie*

Eerder dan in de meeste Duitse staten nam de Zweedse overheid de organisatie van het metallurgisch-chemische onderwijs ter hand. De mijnbouw vormde de spil van de Zweedse economie en reeds in de zeventiende en vroege achttiende eeuw was er binnen de instellingen van het *Bergskollegium* in Stockholm een formeel opleidings- en rangenstelsel tot stand gekomen. Vanaf 1749 probeerde de Zweedse overheid ook het universitaire onderwijs meer op de mineralogie en de metallurgie te richten. Hervormingen werden doorgevoerd, welke vergelijkbaar waren met de start van het kameralistische onderwijs in Duitsland en nieuwe chemische en fysische leerstoelen werden gesticht in de filosofische faculteiten. Het eerst geschiedde dit in Uppsala (1750) en vervolgens in Lund (1758), Åbo (1761) en in het toen nog tot Zweden behorende Greifswald (1774). De leerstoel te Uppsala, waar Wallerius op benoemd werd, was een van de eerste chemische leerstoelen buiten een medische faculteit.<sup>29</sup>

Wallerius stond in zijn nieuwe functie voor de taak om de chemische scholing ter hand te nemen zowel van de toekomstige mijnbouwkundigen, oeconomen en kameralisten, als de farmaceutisch-chemische scholing bestemd voor de toekomstige medici. Twee gescheiden onderwijs tradities kwamen hier bij elkaar en Wallerius loste het zo ontstane didactische probleem op door zijn onderwijs te splitsen in een basiscursus waarin hij, gemeenschappelijk voor alle studenten, de natuurwetenschappelijke fundamenteën van zijn vakgebied behandelde en een aantal vervolgcursussen, die op de specifieke behoeften van gedeelten van zijn toehoorders waren toegesneden. Ter rechtvaardiging van deze werkwijze publiceerde hij in 1751 in het Zweeds een 'Open brief over het ware wezen, het nut en de waardigheid van de chemie' en een Latijnse dissertatie waarin hij dezelfde problematiek behandelde. In deze geschriften introduceerde Wallerius als eerste de begrippen 'chemia pura' en 'chemia applicata'. Dit begrippenpaar was bij uitstek geschikt om de nieuwe chemische leerstofopbouw te legitimeren, die Wallerius invoerde ten gevolge van de start van het universitaire onderwijs in de metallurgische chemie.

Tot die tijd was het gebruikelijk om binnen de chemie, op basis van didactische en onderwijs-institutionele gezichtspunten, verschillende naast elkaar staande deel terreinen te onderscheiden. Zimmermann verdeelde in 1755 de chemie bijvoorbeeld in: 1. de 'chemia physica', 2. de 'chemia medico-pharmaceutica', 3.

de 'chemia docimastica', 4. de 'chemia metallurgica', 5. de 'chemia mechanica', 6. de 'chemia oeconomica' en 7. de 'chemia transmutatoria'. Vergelijkbare indelingen kunnen worden aangetroffen bij Teichmeyer (1717), Shaw (1731) en Boerhaave (1732).<sup>30</sup> Sommige auteurs groepeerden deze deelterreinen tot een tweedeling, welke aansloot bij de institutionele situatie van de chemie. De medisch-farmaceutische chemie kwam dan, als belangrijkste onderdeel van het vakgebied, tegenover de overige takken van de chemie - de 'chymia physico-mechanica' - te staan. Het eerste deelterrein behoorde tot de medische faculteit, de tweede groep van vakken tot de metallurgie, of tot de filosofische faculteit.<sup>31</sup> Een hiërarchische verhouding tussen de deelterreinen was echter zowel in het geval van de meer gedifferentieerde indeling als in het geval van de tweedeling, afwezig. Precies op dit punt betekende de nieuwe indeling van Wallerius een omwenteling. De aard en de gevolgen van deze omwenteling en de betekenis van de denkbeelden van Wallerius zijn uitvoerig door de wetenschapshistoricus Christoph Meinel onderzocht, wiens werk de grondslag voor de huidige beschouwing vormt. Meinels interpretatie echter dat de begrippen 'pura' en 'applicata' naar twee concurrerende 'onderzoeksrichtingen' zouden verwijzen vind ik erg anachronistisch.<sup>32</sup> Voor ongeveer 1780 was chemisch onderzoek op geen enkele wijze geïnstitutionaliseerd binnen de universiteiten of andere onderwijsinstellingen. De interne structuur van het vak chemie werd volledig door didactische gezichtspunten bepaald.

De 'chemia physica' welke het onderzoek naar de samenstelling van de natuurstoffen uit de elementen tot onderwerp had, kreeg in de indeling van Wallerius de door hem bedachte nieuwe naam 'chemia pura'.<sup>33</sup> Deze 'zuivere chemie' vormde de grondslag voor alle overige takken van de chemie, die tesamen de 'chemia applicata' uitmaakten. Beide onderdelen van de scheikunde stonden, in de opvatting van Wallerius, duidelijk in een hiërarchische verhouding tot elkaar. De voorheen gescheiden vakken 'medische chemie' en 'metallurgische chemie' werden gevat in een nieuwe didactische structuur. De algemene leerstof-onderdelen werden naar het college 'fysische chemie' verplaatst, dat door studenten van verschillende faculteiten gevolgd diende te worden. Zo sneed Wallerius' nieuwe begrippenpaar dwars door de bestaande indelingen heen.

Wallerius schreef een invloedrijk leerboek over de *Chemia Physica* (1759), waarin hij de basisbeginselen van de chemie behandelde. Dit boek werd in het Duits vertaald en droeg in belangrijke mate bij tot de verbreiding van de ideeën van Wallerius in Duitsland. In dit boek werd de (zuivere) chemie consequent als een onderdeel van de 'Physica' (= natuurwetenschappen) - en niet van de medische wetenschappen - gepresenteerd.

Binnen de toegepaste chemie onderscheidde Wallerius een negental deelgebieden: 1. de medische chemie, 2. de gesteentechemie ('lithurgica'), 3. de zoutchemie ('halurgica'), 4. de vuurchemie ('tejurgica'), 5. de metallurgie, 6. de glasmakerskunst ('hyalurgica'), 7. de oeconomische- of landbouwchemie ('chemia oeconomica'), 8. de verfstofchemie en ververij ('chemia chromatica'), en 9. de chemie toegepast op kunsten en ambachten ('chemia technica').<sup>34</sup> Deze indeling,

waarin sommige van de door Zimmermann vermelde deelterreinen zijn terug te vinden, werd door C.E. Weigel, J.C. Wiegand en verschillende andere Duitse leerboekauteurs overgenomen en raakte zo wijd verbreid. Tot in het negentiende eeuwse polytechnische onderwijs zou de invloed van Wallerius op dit gebied merkbaar blijven.

Deze gedifferentieerde onderverdeling van de 'chemia applicata' werd door Wallerius en zijn volgelingen met vrucht gebruikt bij pogingen om het maatschappelijke en academische aanzien van het leervak chemie te vergroten.<sup>35</sup> Vrijwel alle takken van landbouw en nijverheid werden zo immers van de chemie afhankelijk verklaard. De toegepaste scheikunde werd voortaan door vele auteurs over het nijverheidsonderwijs, naast de toegepaste wiskunde, als een van de twee basisvakken beschouwd.<sup>36</sup> De toegepaste wiskunde legde, in die opvatting, de grondslag voor alle takken van de techniek waarin de geometrie of de bewegingsleer een rol speelden (zoals de vestingbouwkunde, de constructie van bruggen en de machinebouw) en de toegepaste chemie voor alle onderdelen van de techniek waarin van stofverandering sprake was.

De geschriften van Wallerius en zijn nieuwe didactische aanpak vormen zodoende een mijlpaal in het transformatieproces van de chemie van een medische subdiscipline tot een meer zelfstandig natuurwetenschappelijk vakgebied (de 'chemia pura'), met toepassingen in zowel de technische als in de medisch-farmaceutische richting (de 'chemia applicata'). De ontwikkeling van de mijnbouw in Zweden en de Zweedse staatspolitiek ten aanzien van de nijverheidsbevordering en het onderwijs vormden de structurele en institutionele omstandigheden waaronder Wallerius tot zijn nieuwe begrippenpaar was gekomen. Deze condities waren evenwel niet uniek voor Zweden. Ook elders in Europa verwoordden verschillende geleerden en chemici, veelal onafhankelijk van de Zweed, ideeën die met die van Wallerius vergelijkbaar waren.<sup>37</sup> In Duitsland bijvoorbeeld vormde de academisering van het mijnbouwkundige, metallurgische en kameralistische onderwijs een goede voedingsbodem voor de begrippen 'zuivere' en 'toegepaste' chemie. In de decennia die volgden op de Zevenjarige Oorlog raakten in Duitsland de begrippen 'zuivere' en 'toegepaste' chemie onder chemici in algemeen gebruik.

Het tijdvak 1750-1780 vormde, zowel in Duitsland als in de meeste andere Europese landen, de periode waarin zich de transformatie van het universitaire scheikunde-onderwijs voltrok. Bijna overal in Duitsland bleef de leerstoelhouder chemie weliswaar lid van de medische faculteit, maar evenals Wallerius diende hij zijn vak voortaan ook aan andere groepen studenten te doceren.<sup>38</sup> Dit leidde tot een gewijzigd onderwijsaanbod op het gebied van de chemie, waarbij in grote lijnen het Zweedse voorbeeld werd gevolgd. Colleges op het gebied van de 'zuivere', 'fysische', of 'algemene' chemie kwamen voor de traditionele medisch-farmaceutisch gerichte scheikundecursus in de plaats. Invloedrijk was vooral het leerboek *Anfangsgründe der Chemie* van de Göttingse hoogleraar in de fysica, chemie en natuurlijke historie J.C.P. Erxleben (1744-1777), waarvan de eerste druk in 1775 verscheen. Dit leerboek was een van de eerste Duitse leerboeken

waarin de chemie consequent als een onderdeel van de natuurwetenschappen werd gepresenteerd. Het stond aan de basis van een nieuwe generatie leerboeken, waarin gebroken werd met de medische traditie. Erxleben bouwde voort op de denkbeelden van Wallerius en waarschijnlijk ook op die van de invloedrijke Franse leerboekauteur Macquer. De chemie verdeelde hij in de theoretische, zuivere, filosofische of fysische chemie aan de ene kant en de praktische of toegepaste chemie aan de andere kant.<sup>39</sup>

Op het gebied van de 'toegepaste' chemie tekenden zich in dezelfde tijd drie cursus- en leerboektradities af. In de eerste plaats was er het onderwijs in de medische en farmaceutische chemie, dat op een lange traditie kon terugzien, maar dat voortaan tot onderdeel van de toegepaste chemie werd verklaard. In de tweede plaats werd er zowel aan de mijnbouwscholen als aan vele universiteiten speciaal onderwijs in de metallurgische chemie gegeven, dat - zoals ik hierboven heb laten zien - ook reeds een langere voorgeschiedenis kende. Tot ver in de negentiende eeuw werden de hogere mijnbouwbeambten in landen die geen speciale mijnbouw-akademies hadden opgericht, aan de landsuniversiteiten opgeleid. Voor Hannover, bijvoorbeeld, was Göttingen het opleidingscentrum, voor Württemberg was het de universiteit te Tübingen en voor het groothertogdom Hessen die te Giessen. Soms werd dit metallurgisch gerichte onderwijs in de scheikunde gegeven als onderdeel van het derde deelterrein van de toegepaste chemie waarvoor cursussen van de grond kwamen: de oeconomische en technische chemie.

### *De oeconomische en de technische chemie*

Het ontstaan van het leervak 'oeconomische chemie' was volledig verbonden met de institutionalisering en uitbreiding van het universitaire kameralistische onderwijs. Binnen het economische denken maakte het mercantilisme plaats voor de ideeën van de fysiocraten, met hun nadruk op het verbeteren en bevorderen van nijverheid, mijnbouw en - vooral - landbouw. Omstreeks 1750 richtten grootgrondbezitters, rijke kooplieden, verlichte ambtenaren en kameralisten de eerste 'oeconomische' en 'patriottische' genootschappen op, die deze fysiocratische denkbeelden uitdroegen. Voorbeelden zijn de in 1753 te Jena opgerichte *Physiokratische Gesellschaft nützlicher Wissenschaften* en de in 1754 in Londen gestichte *Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce*, die ook in Duitsland navolging vond.<sup>40</sup>

Deze genootschappen kenden in hun programma om de landbouw en nijverheid tot bloei te brengen, een belangrijke rol aan de natuurwetenschappen toe. Ze ijverden voor uitbreiding van het aantal oeconomische leerstoelen aan de Duitse universiteiten en bepleitten de opname van leervakken als de chemie, de mechanica en de natuurlijke historie in de curricula van het kameralistische onderwijs. Dit was de tijd waarin ook chemici als Cullen, Macquer, Wallerius en Lomonosov en kameralisten als Zincke en Von Justi hun denkbeelden over het belang van de chemie voor landbouw, ambachten en kunsten ontvouwd en deze discipline een plaats gaven binnen het oeconomische onderwijs. De eerste colleges in de

'oeconomische chemie' dateren, wanneer we afzien van incidentele pioniers als Stahl, uit diezelfde periode. Voorop liepen de universiteiten te Jena (1756), Göttingen (1757), Bützow (1760), Halle en Erfurt.<sup>41</sup> Na de Zevenjarige Oorlog vond de institutionalisering van het chemische onderwijs aan kameralisten, grondbezitters en mijnbouwkundigen ook aan de andere Duitse en Oostenrijkse universiteiten plaats.

Het leervak 'Oeconomie' omvatte in de jaren 1750 naast de landbouwhuishoudkunde, de mijnbouw en de bosbouw, ook nog de verdere verwerking van natuurproducten en zelfs de stedelijke ambachtelijke nijverheid ('oeconomia urbana' of 'Stadtwirtschaft'). In het onderwijs in de 'oeconomische chemie' kwamen, zoals blijkt uit de geschriften van Stahl en Wallerius, dan ook naast de landbouwchemie, tevens de zoutziederij en landbouwindustrieën als de bierbrouwerij, de azijnfabricage en de blekerij ter sprake.<sup>42</sup>

Geschiedte boeken die het gehele terrein van de oeconomische chemie omvatten, ontbraken vanzelfsprekend bij de start van dit onderwijs. Het eerste Duitstalige leerboek verscheen in 1757, zeer typerend, naar aanleiding van een speciaal voor dat doel gestelde prijsvraag uitgeschreven door het tijdschrift *Oeconomische Nachrichten* van Peter Freiherr von Hohenenthal. Auteur van deze *Chymie zum Gebrauch des Haus-, Land- und Stadtwirthes, des Künstlers, Manufacturiers, Fabricantens und Handwerkers* was de Saksische jurist en oeconoom Gottfried August Hoffmann (1700-1775).<sup>43</sup>

Onder invloed van de fysiocratische denkbeelden kwamen de Duitse kameralisten vanaf 1750 geleidelijk tot een grondige reorganisatie van het leervak van de 'Oeconomie'. De factoren die bijdroegen tot de groei van het staatsvermogen werden onderwerp van afzonderlijke studie en in een bedrijfskolomachtig schema gevat, dat uit drie compartimenten bestond: 1. de verdiensten uit de winning van natuurproducten (de land-, bos- en mijnbouwsector), 2. de verdiensten die resulteren uit de verwerking van natuurproducten tot 'kunst'-producten (de zogenaamde 'Technologie', waaronder de ambachts- en fabrieksnijverheid en de metallurgie vielen) en 3. de verdiensten die ontstaan uit de handel in natuur- en 'kunst'-producten. Een aanvang nemend in het werk van de Jenase fysiocraat J.G. Darjes (1714-1791) en culminerend in de geschriften van de Göttingse oeconoom Johann Beckmann (1739-1811) werden zo de 'Technologie' en de handelswetenschappen van de 'Oeconomie' afgesplitst.<sup>44</sup>

Onder de 'oeconomische chemie' verstond men voortaan nog alleen de landbouwchemie. De term 'technische chemie' daarentegen, kreeg een veel ruimere betekenis. Bij Wallerius vielen slechts enkele stedelijke ambachten in deze categorie. Dertig jaar later had de technische chemie alle takken van de nijverheid waarin chemische bewerkingen plaatsvonden tot onderwerp. Ook de landbouwindustrieën en metallurgische bedrijven hoorden nu tot het werkterrein van de technische chemie. Het eerst treft men de term 'technische chemie' in deze brede betekenis aan in een leerboek van de Greifswaldse hoogleraar scheikunde C.E. Weigel.

Weigel (1748-1831) had in Göttingen gestudeerd en bij Beckmann diens 'Technologie'-colleges gelopen. Als hoogleraar aan een Duitstalige Zweedse universiteit speelde Weigel een belangrijke rol bij de verbreiding van Zweedse chemische inzichten in het Duitse taalgebied. Hij vertaalde verschillende geschriften van Wallerius. In 1777 verscheen Weigels eigen *Grundriss der reinen und angewandten Chemie*, waarvan de tweede band de titel *Die technisch-ökonomische Chemie* kreeg. Weigel combineerde daarin Beckmanns brede technologiebegrip met de onderverdeling van de toegepaste chemie die door Wallerius was gemaakt. Diens verdeling van de toegepaste chemie in negen deelterreinen, verving Weigel door een driedeling in een medische, een oeconomische en een technische chemie. Binnen dit laatste vakgebied bracht Weigel, in het voetspoor van Wallerius, een verdere onderverdeling in steenchemie, zoutchemie, gistingsschemie, metallurgische chemie etc. aan.<sup>45</sup> Deze bredere omschrijving van het leervak technische chemie werd door alle latere auteurs overgenomen.<sup>46</sup>

Toen Weigel zijn leerboek publiceerde, was het voor kameralisten bestemde chemische onderwijs hard op weg zich een vaste plaats op de universiteiten te verwerven. Tussen 1770 en 1790 verschenen de oeconomische, technische en metallurgische chemie vrijwel overal op de college-roosters. Aan sommige universiteiten werd met het geven van één cursus in de gehele 'technische en oeconomische chemie' volstaan, aan andere universiteiten stonden speciale lessen in de metallurgische chemie, de technische chemie en de landbouwchemie op het programma. In Göttingen, bijvoorbeeld, gaf J.F. Gmelin aparte colleges technische, docimastische en metallurgische chemie, die hij uitvoerig met demonstratie-experimenten, tekeningen, produkten en schaalmodellen illustreerde. Ook gaf hij - wat in die tijd bijzonder was - studenten de gelegenheid zelf in het laboratorium van de universiteit hun chemische handvaardigheid te trainen.<sup>47</sup>

Dit laat-achttiende eeuwse onderwijs in de technische chemie was primair bedoeld als een hulpvak voor het onderwijs in de kameralistische 'Technologie', maar werd ook wel door toekomstige fabrikanten gevolgd.<sup>48</sup> Gmelin en zijn collega's aan de andere universiteiten stelden zich ten doel de 'künftigen Geschäftsmännern, Aerzten, und Aufseher von Fabrikanstalten die nöthige Uebersicht und Einsicht, wie sie ihr Amt erfordert zu verschaffen'.<sup>49</sup> Het universitaire technisch-chemische onderwijs betekende zo het ontstaan van een didactische- en leerboektraditie waarop het in hoofdstuk 5 en 6 te behandelen polytechnische onderwijs kon voortbouwen. Leerboekauteurs als Weigel (1777), Wiegleb (1781) en Gmelin (1786) lieten als eersten zien hoe de grondbeginselen van de chemie systematisch op het brede terrein van de chemische industrie en de 'chemische ambachten' konden worden toegepast. Zij leverden daarmee noodzakelijk voorwerk voor de tweede generatie technisch-chemische leerboeken, die na 1800 ten behoeve van het onderwijs aan ambachtslieden, fabrikanten en 'technici' geschreven werd.<sup>50</sup> Een tweede inspiratiebron voor dat technisch-chemische onderwijs vormde de technologische onderwijstraditie die bij Beckmann zijn aanvang nam.

### Technologie

In tegenstelling tot de technische chemie behoorde de door Beckmann gegrondveste 'Technologie' tot de eigenlijke 'Kameralwissenschaften'. Het was een beschrijvend universitair leervak, waarin uitvoerig op de technische details van de verschillende fabrieken en ambachten werd ingegaan, zonder dat daarbij de chemische en mechanische principes ter sprake kwamen.<sup>51</sup>

Startpunt voor de gehele latere ontwikkeling van het universitaire onderwijs in de technologie vormde Beckmanns in 1777 gepubliceerde leerboek *Anleitung zur Technologie*. Hierin werden de doelstellingen van het nieuwe vakgebied, de inhoud van het begrip technologie en de verbanden met de andere kameralistische vakken voor het eerst duidelijk omschreven. De snelle verbreiding van de nieuwe term 'Technologie' in Duitsland en het feit dat dit leervak binnen één à twee decennia aan vrijwel alle Duitse universiteiten werd ingevoerd, zijn gegevens die erop wijzen dat de aandacht van de kameralistische economen van de landbouw naar de ambachtelijke en industriële sector verschoof. Toen Beckmann zijn inzichten publiceerde waren er reeds verschillende patriotten en kameralisten die de strikt-fysiocratische aanpak op het gebied van de economische politiek wilden verlaten.<sup>52</sup> 'Technologie' betekende voor Beckmann en zijn volgelingen: het verzamelen en systematiseren van de 'Ken[n]tniss der Handwerke, Fabriken und Manufacturen'.<sup>53</sup> De beschrijving van de verschillende processen waarmee ruwe grondstoffen in voor de samenleving 'nuttige' eindprodukten veranderd werden, stond daarbij centraal. Beckmann sloot nauw aan bij de gangbare bedrijfspraktijk en bij de bestaande beroepen- en gildenindeling. Hij onderscheidde 324 ambachten en beroepen, die hij in 51 klassen indeelde. In zijn onderwijs stond Beckmann een exemplarische aanpak voor: 35 ambachten uit het totaal werden uitvoerig behandeld. Ter aanvulling op zijn colleges maakte hij met zijn studenten excursies naar fabrieken en werkplaatsen in de omgeving van Göttingen en in de Harz, waar de behandelde werkzaamheden werden uitgevoerd.<sup>54</sup>

Evenals bij de colleges technische chemie het geval was, ging het Beckmann en zijn navolgers niet om het opleiden van praktische technici en ambachtslieden. Doel van het technologische onderwijs was het overbrengen van 'strategische kennis' die bestuursambtenaren, grondbezitters, kameralisten en - soms ook - kooplieden in staat zou stellen investerings- en beleidsbeslissingen te nemen op het gebied van de nijverheid en die 'reisende Technologen' van voldoende achtergrond voorzag om in het buitenland nieuwe ontwikkelingen te signaleren en hierover rapport uit te brengen aan hun nationale overheid.<sup>55</sup>

Van de twee wegen die in de laatste decennia van de achttiende eeuw werden ingeslagen om de ambachten en fabrieken in Duitsland tot een grotere bloei te brengen - het verbeteren van de scholing van handwerkslieden en praktische technici, en het nemen van verschillende economisch-politieke maatregelen, zoals importheffingen en het oprichten van overheidsmanufacturen - kozen de kameralisten nadrukkelijk voor de laatstgenoemde weg. Wolfhard Weber heeft de 'Technologie' dan ook treffend als een 'Lenkungswissenschaft des spätabolutistischen Staates' getypeerd.<sup>56</sup> Wel waren er verschillende 'drogisten, ververs,



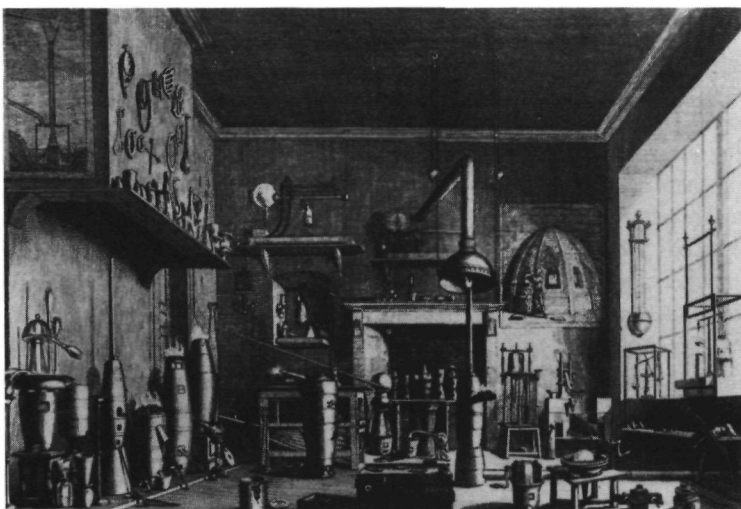
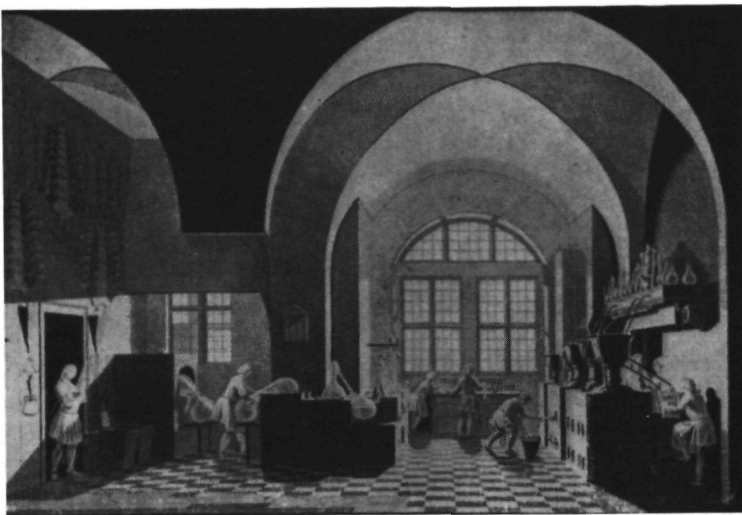
lakenfabrikanten, papiermakers, leerlooiers en landbouwers', die Beckmanns colleges als toehoorders volgden.<sup>57</sup>

Tot na 1850 bleef de technologie een studie-onderdeel in het kader van de universitaire kameralistische opleiding. Aanvankelijk overheerste de descriptieve, encyclopedische en systematiserende aanpak van Beckmanns *Anleitung zur Technologie*. Er vond echter een geleidelijke ontwikkeling in een natuurwetenschappelijke richting plaats. Beckmann zelf droeg daartoe bij toen hij in 1806 het onderscheid tussen de 'algemene' en de 'speciale' technologie introduceerde. De 'speciale technologie' had de beschrijving van de ambachten en productieprocessen tot onderwerp, en kwam zodoende in de plaats van de vroegere 'Technologie'. In de 'algemene technologie' werd een systematisch-vergelijkend overzicht van de doeleinden van de ambachtslieden en technici en de door hen gehanteerde arbeidsmiddelen gepresenteerd. Hiermee oversteeg Beckmann zijn oude, volledig op de bestaande arbeidsdeling geënte behandelingswijze.<sup>58</sup>

Een tweede aanzet die uiteindelijk tot een verschuiving van de descriptieve in de wetenschappelijk-technische richting zou leiden, was de indeling in 'chemische' en 'mechanische' ambachten en fabrieken, die voor het eerst in 1785 door de Heidelbergse kameralist J.H. Jung-Stilling (1740-1817) in zijn *Versuch eines Lehrbuchs der Fabrikwissenschaft* werd gehanteerd. Hij sloot daarbij mogelijk aan bij een vergelijkbare tweedeling van processen die Weigel in 1777 had gemaakt.<sup>59</sup> In de daaropvolgende jaren namen bijna alle technologische leerboek-auteurs het door Jung-Stilling geïntroduceerde onderscheid over.<sup>60</sup> De chemie werd, naast de mechanica, een van de twee pijlers van de technologie.<sup>61</sup>

In de negentiende eeuw leidde dit tot een gescheiden behandeling van de chemische en de mechanische technologie, waarbij de leeropdracht in het eerste vak veelal aan de docent werd toegewezen die ook de chemie of de mineralogie doceerde en het tweede vak aan de docent in de fysica. De technologie raakte daarmee steeds losser van de de kameralistische kernvakken. Onder invloed van het opkomende vroeg-liberalisme, in het voetspoor van Adam Smith, ontwikkelde zich uit de achttiende eeuwse kameralistische staatshuishoudkunde een zuiver financiële wetenschap. De breuk met het mercantilisme maakte dat de Duitse staten niet meer op de oprichting en handhaving van staatsfabrieken en -manufacturen waren gericht. Een technisch gerichte opleiding voor staatsbeambten werd daardoor minder belangrijk. Het technisch onderwijs, dat na 1800 vooral aan de toen opgerichte polytechnische scholen gegeven werd, was voortaan primair voor de burgerij bestemd.<sup>62</sup> Toch moet niet uit het oog verloren worden dat het leervak technologie zich tot ver in de negentiende eeuw aan de universiteiten handhaafde. Zowel voor de toekomstige technische staatsbeambten als voor de burgerij bleef er een onderwijsbehoefte bestaan.<sup>63</sup>

Zoals uit de volgende hoofdstukken zal blijken, bouwde het technisch-chemische onderwijs aan de polytechnische scholen in belangrijke mate voort op de door Beckmann gestarte technologische onderwijs traditie. De laat-achttiende eeuwse technologen hadden op een systematische wijze het toen bestaande bedrijfsleven beschreven en dit zo in een vorm gebracht die geschikt was voor



**Afb. 8:** Het laboratorium van de koninklijke hofapotheek in Berlijn diende in de eerste plaats voor de bereiding van geneesmiddelen. Daarnaast kregen leerlingen van het Berlijnse Collegium medico-chirurgicum hier eenmaal per week aanschouwelijk onderwijs in de chemie. Vanaf 1790 doceerde S.F. Hermbstaedt hier. De afbeelding stamt uit het midden van de achttiende eeuw (*Ferchl, Von Libau bis Liebig (1930)*).

**Afb. 9:** Achttiende eeuwse Engelse technisch-chemische laboratoria kenmerkten zich door de aanwezigheid van vele verplaatsbare ijzeren ovens. Deze afbeelding stamt uit het boek *Commercium Philosophicum-Technicum* (Londen 1765) van de Engelse chemicus William Lewis (1708-1781). In vergelijking tot afb. 6 vallen de aanwezigheid van analytische balansen, luchtpompen en een electriseermachine op (*Fotodienst KU Nijmegen*).

kennisoverdracht in het onderwijs. De op de bestaande arbeidsdeling gerichte indeling van de (speciale) technologie maakte deze leerstof geschikt ook voor het onderwijs aan ambachtslieden.<sup>64</sup>

### Conclusies

De voorafgaande beschouwing over de ontwikkeling van onderwijs aan de universiteiten, heeft laten zien dat het beleid van de Duitse vorsten op het gebied van de mijnbouw, de landbouw en de nijverheid ervoor zorgde dat er een politiek en institutioneel draagvlak ontstond voor chemisch onderwijs los van de geneeskunde en de farmacie. Dit versterkte de positie van de chemie aan de universiteiten en droeg ertoe bij dat de chemie aan het einde van de achttiende eeuw door de Duitse overheden, die een grote invloed op het leerstoelenbeleid hadden, in toenemende mate als een zelfstandige universitaire discipline werd gezien.

Dit betekende, in de woorden van Meinel, een nieuwe fase in de 'professionalisering' van de chemie, omdat er nu opleidingsroutes en beroepsmogelijkheden buiten de medische sector ontstonden. De mijnbouwacademies waren de eerste instellingen die hoogleraren in de scheikunde benoemden die geen medische of farmaceutische vooropleiding genoten hadden.<sup>65</sup> Het hoogleraarschap in de chemie werd zo, hand in hand met de verzelfstandiging van de chemie als discipline, het eerste beroep waarin personen die zich 'chemicus' noemden, juist vanwege hun chemische kennis- en vaardigheden werden aangesteld.<sup>66</sup> Dit disciplinaire specialisatieproces van het hoogleraarschap was in 1800 echter nog lang niet voltooid.<sup>67</sup> Wel vormden verschillende hoogleraren met een chemische leeropdracht de kern van de chemische gemeenschap, die aan het einde van de achttiende eeuw in Duitsland ontstond.<sup>68</sup>

Uit het voorafgaande is echter ook gebleken dat er van een opleiding tot chemicus aan de universiteiten nog geen sprake was. Al het chemische onderwijs stond in dienst van de opleiding tot andere beroepen: medici, farmaceuten, mijnbouwkundigen en metallurgen, kameralisten en technologen. De recrutering van hoogleraren in de chemie vond uit de vertegenwoordigers van die beroepsgroepen plaats. De metallurgen en mijnbouwkundigen vormden, afgezien van de farmaceuten, de beroepsgroep die het meest gebaat was bij een grondige theoretische en praktische scholing in de chemie. Metallurgische opleidingen liepen voorop bij de invoering van praktisch laboratoriumonderwijs op het gebied van de chemie.<sup>69</sup> Het eerste internationale genootschap van mijnbouwkundigen, de in 1786 te Glashütte bij Schemnitz opgerichte *Societät der Bergbaukunde*, telde verschillende beroemde chemici onder haar leden: I. Born, L.F. Crell, J.J. Ferber, J.G. Gahn, R. Kirwan, M.H. Klaproth en A.-L. Lavoisier.<sup>70</sup>

Voor het chemisch onderwijs aan fabrikanten en ambachtslieden hadden de in deze paragraaf vermelde universitaire ontwikkelingen slechts een geringe betekenis. Aan het eind van de achttiende eeuw kwamen echter, zoals ik in de volgende paragraaf zal laten zien, ook voor verschillende groepen van de burgerij chemische cursussen tot stand.

### 3.2 Chemisch onderwijs aan de burgerij: ambachtslieden en fabrikanten

Aan het begin van de achttiende eeuw waren er in Duitsland, afgezien van de 'Volksschule', nauwelijks onderwijsvoorzieningen voor de burgerij. De scholing voor een bepaald beroep vond vrijwel uitsluitend via een doorgaans in gildeverband georganiseerde, praktische leerperiode bij een ervaren meester plaats. In de tweede helft van de achttiende eeuw veranderde deze situatie.

In de eerste plaats kwam het tot de oprichting van zogenaamde 'Realschulen', die als alternatief voor de Latijnse scholen bedoeld waren. Het onderwijs aan die scholen had vooral tot doel om jongeren uit de burgerij kennis bij te brengen die hen later in hun beroep van nut kon zijn. Het onderscheid tussen algemene basisvakken en beroepsgerichte vakken werd daarbij aanvankelijk nog niet gemaakt.<sup>71</sup> In de tweede plaats ontstonden er, als alternatief voor het gildesysteem, specifieke beroepsgerichte cursussen, die voor leerlingen, gezellen, of ook wel voor reeds werkzame ambachtslieden bestemd konden zijn. In deze cursussen speelde het onderwijs in de chemie soms een voornamelijk rol. Dit gold in het bijzonder voor de chemisch-farmaceutische privé-instituten die door chemisch geschoolde apothekers als Wiegand, Hermbstaedt en Trommsdorff werden opgericht om fabrikanten en apothekers op scheikundig gebied zowel theoretisch als praktisch te scholen. Ook voor enkele andere beroepsgroepen, zoals de ververs en de katoendrukkers, werden er in Duitsland in de late-achttiende eeuw speciale chemische cursussen georganiseerd. Hieronder zullen de hoofdlijnen van deze ontwikkeling worden geschetst.

#### *Realschulen*

De *mathematisch-mechanische Realschule* die in 1708, voortbouwend op de plannen en voorbeelden van mensen als Becher en Leibniz, te Halle door de predikant Christoph Semmler (1669-1740) werd gesticht, wordt als de eerste 'Realschule' in Duitsland beschouwd. De echte bloei van dit nieuwe schooltype volgde evenwel pas na 1747, toen de piëtist Johann Julius Hecker (1707-1768), die een leerling van Francke was, in Berlijn zijn *oeconomisch-mathematische Realschule* oprichtte. Deze school verwierf spoedig bekendheid en diende verschillende andere scholen tot voorbeeld. In de daarop volgende decennia kwamen 'Realschulen' in vele Duitse steden van de grond.<sup>72</sup>

De moderne talen, handelskennis, geografie, wiskunde, fysica, natuurlijke historie en tekenen behoorden tot de belangrijkste vakken. Scheikundige onderwerpen kwamen, op een enkele uitzondering na, alleen ter sprake in het kader van het onderwijs in de natuurlijke historie, de fysica en de technologie. Pas na 1800 werd de chemie als een apart schoolvak op de 'Real-' en 'Bürgerschulen' ingevoerd.<sup>73</sup>

De betekenis van de 'Realschulen' voor de geschiedenis van de chemie-beoefe-

ning en de opkomst van het technisch-chemische en polytechnische onderwijs, dient dan ook niet in een bepaalde specifieke bijdrage op chemisch gebied te worden gezocht. De belangrijkste effecten van het in de achttiende eeuw in betekenis toenemende stelsel van 'Real-' en 'Bürgerschulen' lagen, gezien vanuit de thematiek van dit boek, op het niveau van de didactiek en structuur van het latere (poly-)technische onderwijs. Niet alleen kunnen de verschillende 'Realschulen' namelijk als de directe voorlopers van enkele polytechnische scholen worden beschouwd,<sup>74</sup> maar de oprichters van de eerste polytechnische scholen bouwden ook voort op de pedagogische en didactische ideeën die aan de achttiende eeuwse 'Real-' en 'Bürgerschulen' ten grondslag lagen.

Uitgangspunt voor Semmler, Hecker en hun navolgers was de opvoeding van leerlingen tot nuttige en rechtschapen leden van de burgerlijke maatschappij. Het onderwijs werd gegeven in zogenaamde 'Fachklassen' (bijvoorbeeld voor wiskunde, handel, 'oeconomie' en bouwkunde), waardoor iedere leerling op basis van zijn aanleg en toekomstig beroep, die vakken uit kon kiezen die het beste bij zijn individuele situatie pasten. Voor alles diende het onderwijs 'aanschouwelijk' te zijn. Tekenonderwijs, excursies naar fabrieken en werkplaatsen en onderricht aan de hand van schaalmodellen hadden een belangrijke plaats in het programma.<sup>75</sup> Hetzelfde gold voor de het onderwijs in de natuurlijke historie, waaraan fysico-theologische denkbeelden ten grondslag lagen.

### *De filantropijnen en de vernieuwing van het onderwijs*

De Verlichtingspedagogen uit het laatste kwart van de achttiende eeuw zetten, beïnvloed door de geschriften van Rousseau, de denkbeelden van de piëtistische Realschul-oprichters over 'aanschouwelijkheid' en 'nuttigheid' om in een samenhangende opvoedingsfilosofie en een programma tot hervorming van het totale onderwijs.<sup>76</sup> Navolging vond het voorbeeld van het *Philantropin* te Dessau, een kostschool en opvoedingsinstelling die in 1774 door J.B. Basedow (1723-1790) was gesticht. Basedows volgelingen - zoals Ch. G. Salzmann (1744-1811), die in 1784 een eigen opvoedingsinstituut opende - staan in de literatuur als de 'Philanthropisten', of 'Philanthropinisten', bekend. Ook de invloedrijke Zwitser J.H. Pestalozzi (1746-1827) kwam, in het voetspoor van Rousseau, tot pedagogische en onderwijskundige denkbeelden en initiatieven, die in velerlei opzicht met die van de filantropijnen vergelijkbaar waren.

Terwijl Hecker en de zijnen 'Realschulen' naast de bestaande scholen hadden gesticht, eisten de filantropijnen - op grond van hun centrale idee dat de school een belangrijke taak op het gebied van de opvoeding had - een radicale vernieuwing van het gehele schoolstelsel. Deze roep om hervorming vond in de laatste twee decennia van de achttiende eeuw veel weerklank, daarbij mede verbreid en gedragen door de verschillende patriottische en 'oeconomische' genootschappen die overal in Duitsland bestonden.<sup>77</sup> Zowel in de steden als op het platteland kwam het in de twee laatste decennia van de achttiende eeuw tot de oprichting van verschillende nieuwe scholen, vooral bestemd voor de lagere volksklassen, boeren

en ambachtslieden: 'Industrieschulen', ter bevordering van de vlijt en de arbeidsmoraal, 'Landschulen' voor de kinderen van boeren en landarbeiders, 'Real-' en 'Bürgerschulen' voor de stedelijke burgerij, en 'Zeichen-', 'Handels-', en 'Kunstschulen' voor het avond- en zondagsonderwijs aan de beoefenaars van verschillende beroepen.<sup>78</sup> Ook de didactiek van het universitaire onderwijs werd door de denkbeelden van de filantropijnen beïnvloed: demonstratie-experimenten in de collegezaal, schaalmodellen en excursies reflecteerden de nieuwe pedagogische opvatting dat kennis niet uit boeken, maar alleen door eigen waarneming en oefening verkregen kon worden.

De filantropijnen paarden een op Rousseau teruggaande optimistische kijk op de menselijke natuur en op de mogelijkheden de maatschappij via opvoeding en onderwijs te verbeteren, aan de sterk utilistische gerichtheid op de welvaart van de staat die typerend voor het Duitse mercantilisme was. Kameralisten en Verlichtingspedagogen streefden eendrachtig naar een uitbreiding van de staatstaken op onderwijsgebied en naar een verbetering van het beroepsonderwijs. Hierdoor zou ieder zijn beroeps- en standsverplichtingen beter kunnen vervullen, hetgeen bevorderlijk was voor de welvaart van de staat.<sup>79</sup> In Duitsland stroomde de pedagogische revolutie zo weldra door de vaste bedding van de staatsbureaucratie.

De filantropijnen dachten in hun onderwijsplannen de aandacht voor een harmonische ontwikkeling van lichaam, ziel en geest van de leerlingen te kunnen verzoenen met de eisen van de burgerlijke maatschappij, zich uitend in een strikte beperking van het onderwijs tot 'nuttige' vakken. Het verlichte denkbeeld van de gelijkheid van alle mensen verbonden zij met het idee dat het de taak van het onderwijs was om iedere leerling voor te bereiden op diens door geboorte bepaalde stand in de maatschappij. Hier lag onmiskenbaar een spanningsveld, dat ondermeer in jarenlange debatten over de onderlinge prioriteit van 'Menschenbildung' en 'Berufsbildung' tot uitdrukking kwam. Op twee wijzen zou dit spanningsveld worden 'opgelost'. Enerzijds door de neohumanisten, die een waterdichte scheiding eisten tussen het voorbereidende, algemeen vormende onderwijs ('Bildung') en het daarop volgende beroepsonderwijs ('Unterricht'). Anderzijds in de vorm van het hardnekkig volgehouden ideaal dat ook binnen de grenzen van de scholing voor stand en beroep een werkelijke opvoeding ('Erziehung') en verlichting van volk en burgers mogelijk was, waarin hoofd- en handarbeid, theorie en praktijk, hand in hand konden gaan. Het was deze laatste visie die een grote rol zou spelen bij de start van het polytechnische onderwijs. Fourcroy in Parijs en Prechtel in Wenen waren er duidelijke representanten van.

De pedagogische beweging van het laatste kwart van de achttiende eeuw impliceerde een forse kritiek op het functioneren van het gildestelsel. De mercantilisten en filantropijnen waren het beide er over eens dat het gildestelsel niet beantwoordde aan de eisen van een 'rationeel' geordende samenleving, dat de gilden onvoldoende open stonden voor technische vernieuwingen en dat het traditionele leerlingstelsel niet in overeenstemming was met de methodische eisen van de pedagogiek. De 'Realschulen' en, vooral, de vele nieuwe beroepsopleidingen die

werden gestart, kunnen daarom tevens als het antwoord van de Verlichting op het gildestelsel worden gezien.<sup>80</sup> Het onderwijs in de chemie vormt hiervan een treffend voorbeeld.

*Wiegleb en het chemische onderwijs aan fabrikanten en 'praktische chemici'*

Een jaar nadat Lorenz Crell in 1778 zijn *Chemisches Journal für die Freunde der Naturlehre, Arzneygelahrtheit, Haushaltungskunst und Manufacturen* stichtte, opende de apotheker Johann Christian Wiegleb (1732-1800) in Langensalza een 'Erziehungsanstalt für junge Scheidekünstler'. Deze kostschool, die verbonden was met zijn apotheek, was weliswaar niet de eerste privé-school op chemisch gebied in Duitsland, maar weldra wel de bekendste.<sup>81</sup> Alle latere particuliere chemische instituten die in Duitsland werden opgericht, gingen - direct of indirect - op het door Wiegleb gegeven voorbeeld terug.<sup>82</sup>

Toen Wiegleb in 1779 met zijn lessen aanving, was hij in Duitsland reeds een alom gewaardeerd chemicus. Vanaf 1767 had hij regelmatig over scheikundige onderwerpen in tijdschriften gepubliceerd, verschillende chemische leerboeken vertaald en een boek tegen de alchemie geschreven (1777). Hij was een van de eersten die in Crells nieuwe *Chemische Journal* publiceerden.<sup>83</sup> Deze bekendheid op chemisch gebied vormde de reden dat, volgens zijn vriend Dr. Stöller, 'verschiedene Väter' hem vroegen 'ihre Söhne, die sich der Pharmazie und Chemie widmeten, oder letztere zu tieferer einsicht in die Naturwissenschaft, oder zu bürgerliche Geschäfte erlernen wollten, zum Unterricht zu sich zu nehmen'.<sup>84</sup> Dit leidde tot de oprichting van zijn chemisch instituut.

In twee opzichten betekende Wieglebs initiatief een breuk met de bestaande opleidingspraktijk in de apotheek. In de eerste plaats voerde Wiegleb een didactische vernieuwing door. Hij gaf zijn pupillen iedere dag een uur college in de chemie en de farmacie. Daarnaast konden de leerlingen gebruik maken van zijn omvangrijke bibliotheek. Het praktisch werk in het laboratorium bestond, in afwijking van wat onder apothekers gebruikelijk was, niet uit het klaarmaken van recepten, maar uit de bereiding van chemische en farmaceutische preparaten in het groot. In die zin was zijn laboratorium met een chemische fabriek te vergelijken.<sup>85</sup> Hoewel er geen rechtstreekse aanwijzingen zijn dat Wiegleb door de denkbeelden van de filantropijnen beïnvloed werd, kenmerkte zijn aanpak zich door twee hoofdelementen van de Verlichtingspedagogische onderwijsmethode: de nagestreefde eenheid van theorie en praktijk, en het gebruik van de leerlingen als 'arbeiders' in zijn 'chemische fabriek', dat door het filantropijnse idee van 'leren door eigen (hand)arbeid' gerechtvaardigd werd.<sup>86</sup> De bekende pedagoog Ch. G. Salzmann bezocht in 1785 met zijn leerlingen Wieglebs instituut.

In de tweede plaats doorbrak Wiegleb de inhoudelijk binding met de farmacie. Zijn school was niet alleen voor apothekers bestemd, maar tevens voor toekomstige 'manufacturisten' en fabrikanten. Bij de start van zijn onderwijs greep Wiegleb waarschijnlijk terug op het oude leerboek van G.A. Hoffmann uit 1757, dat hij opnieuw uitgaf, onder de titel *Anleitung zur Chemie für Künstler und*

*Fabrikanten* (1779). Twee jaar later kwam hij met een eigen *Handbuch der allgemeinen Chemie*, waarin de toegepaste chemie ruime aandacht kreeg. Zoals de titel reeds aanduidt, konden zowel aanstaande farmaceuten als toekomstige fabrikanten zich aan de hand van dit leerboek op de door hen beoogde werkkring voorbereiden. Voor de behandeling van de technische chemie gebruikte Wiegleb de in 1777 voor het eerst door Weigel gehanteerde indeling in steenchemie, zoutchemie, gistingsschemie, etc.. Hoewel Weigels onderwijs primair op de academische oeconomen en technologen gericht was en Wiegles onderwijs op de fabrikanten en de 'konstenaars', was er een duidelijke kruisbestuiving met betrekking tot het technisch-chemische onderwijs aan deze twee publieken.<sup>87</sup> De populariteit van Wiegles *Handbuch* droeg ertoe bij dat Weigels indeling van de technische chemie een brede bekendheid kreeg.<sup>88</sup>

Op chemisch gebied bood het instituut van Wiegleb een opleiding die zich met de beste uit die tijd liet meten. Zijn leerboek deed in omvang en diepgang niet voor universitaire leerboeken als die van Erxleben en Weigel onder, en werd op verschillende universiteiten voorgeschreven. Ook na een voltooide universitaire opleiding trokken belangstellenden naar Langensalza. De beroetheid van het *chemische Lehrinstitut* strekte zich tot over de landsgrenzen uit. Leerlingen kwamen uit Engeland, Zwitserland, Denemarken, Letland, Pruisen, Hannover en Württemberg. De bekende Britse fabrikant Matthew Boulton stuurde zijn zoon naar Wiegleb, om daar de praktische chemie te leren.<sup>89</sup> Toen het pensioonaat in 1796 sloot, had Wiegleb ruim 40 apothekers, fabrikanten en natuuronderzoekers in de basisbeginselen en praktijk van scheikunde de weg gewezen. Hoewel het, gemiddeld, dus slechts ging om enkele leerlingen per jaar, was dit een aantal dat in die tijd als niet onaanzienlijk werd beschouwd.<sup>90</sup>

Minstens zo belangrijk was evenwel de voorbeeldfunctie die Wiegleb voor andere chemici had. Drie van zijn leerlingen - S.F. Hermbstaedt, J.F.A. Götting en K.W. Fiedler - stichtten zelf een particuliere scheikundige school. Hermbstaedt, die in 1789 in Berlijn zijn *chemische Pensionsanstalt* oprichtte, bestemd voor 'Jünglinge, die sich zu praktischen Chemikern bilden wollen', deed dit als eerste.<sup>91</sup>

Uit onderzoek van Pohl en Wankmüller blijkt dat er tussen 1789 en 1804 in Duitsland ongeveer 13 chemische en farmaceutische privé-scholen naar het voorbeeld van Wiegles instituut zijn opgericht.<sup>92</sup> De grote meerderheid van deze instellingen bestond uit zogenaamde 'pharmaceutisch-chemische Institute'. Deze scholen waren in verschillende opzichten met de kostschool van Wiegleb vergelijkbaar, maar de inrichting van het onderwijs was beter op de opleiding van apothekers afgestemd. De oprichting van deze scholen was een van de antwoorden op de roep om hervorming van de farmacie, die vanaf het midden van de jaren 1780 in toenemende mate hoorbaar was. De farmacie moest volgens verschillende apothekers, om haar maatschappelijk aanzien te verhogen, van een in gildeverband uitgeoefende 'kunst' veranderen in een wetenschappelijk beroep.<sup>93</sup> Ook artsen, als J.P. Frank, en kameralisten die in toenemende mate aandacht voor de volksge-



zondheid kregen ('medische politie') pleitten voor hervormingen op het gebied van de farmacie.<sup>94</sup>

De centrale figuur in deze hervormingbeweging was ongetwijfeld de Erfurter apotheker en chemicus Johann Bartholomae Trommsdorff (1770-1837). Hij gaf het debat over de toekomst van de farmacie in 1793 de beslissende impuls, door het zojuist door hem opgerichte tijdschrift *Journal der Pharmacie* te openen met twee artikelen over de 'Verbesserung des Apothekerwesens in Deutschland' en over de 'Methode, junge Leute zu brauchbaren Apothekern zu erziehen'.<sup>95</sup> In 1795 begon hij zelf in Erfurt een *chemisch-physikalische, und pharmaceutische Pensionsanstalt* - vanaf 1798 *pharmaceutisch-chemisches Institut* geheten - welke tot 1828 bestond en het grote voorbeeld werd voor alle Duitse farmaceutisch-chemische instituten.<sup>96</sup> De scheikunde - en in het bijzonder de analytische scheikunde<sup>97</sup> - was een van de belangrijkste onderdelen van het curriculum op deze instituten. Anders dan bij Wiegels het geval was, bleef het onderwijs evenwel niet tot dit vak beperkt. Ook andere disciplines die van belang waren voor de beroepsuitoefening van de apotheker stonden op het programma, zoals de botanie, zoölogie en mineralogie, de farmaceutische warenkennis en de recepteerkunst.

Het feit dat de farmaceutisch-chemische privé-instituten zich vooral op het opleiden van apothekers richtten, wil niet zeggen dat de betekenis van deze instellingen tot die beroepsgroep beperkt bleef. Trommsdorff en zijn navolgers probeerden nadrukkelijk ook andere groepen leerlingen voor hun onderwijs te interesseren, waarbij vooral de bredere toepasbaarheid van de chemische cursus een argument vormde. Verschillende toekomstige fabrikanten ontvingen hun eerste onderwijs in de chemie dan ook in de kostscholen van Trommsdorff en zijn volgelingen.<sup>98</sup> Van de ruim 300 leerlingen die tussen 1795 en 1828 Trommsdorffs school bezochten, werden er ongeveer 130 later apotheker, 26 à 32 fabrikant, 5 à 7 koopman, 5 à 9 verver, 22 à 26 arts en 6 à 9 professor of leraar. Daarnaast kwam een groot aantal beroepen in geringere aantallen voor en was van ongeveer 80 leerlingen het latere beroep onbekend.<sup>99</sup> Ook Trommsdorff zelf begaf zich op het terrein van de chemische industrie. In 1811 richtte hij een chemische fabriek op, waarin hij onder andere soda produceerde, en in 1812 een fabriek voor de bereiding van indigo uit wede.<sup>100</sup>

Een tweede type kostscholen dat naar het voorbeeld van Wiegels instituut werd opgericht, waren de zogenaamde 'chemische Institute'. Hier stond niet de vorming van 'wissenschaftliche Pharmaceutiker', maar de opleiding van 'praktische Chemiker' centraal. Wiegels eigen school kan hiertoe gerekend worden en voorts de *chemische Pensionsanstalt* van Hermbstaedt in Berlijn (1789-1797), de *chemische Lehranstalt für praktische Scheidekünstler, Berg- und Hüttenmänner* van K.W. Fiedler en J. Schaub in Kassel (1795-1804) en het chemische instituut van K. Schmieder in Eckartsberg bij Naumburg (ca. 1801).<sup>101</sup> Er werden slechts enkele scholen van dit type opgericht. In alle gevallen waren de oprichters actief in de opkomende chemische industrie. Hermbstaedt was vanaf 1786 als technisch chemicus, 'Farbenlaborant' en 'Arcanist' verbonden aan de chemische-,

textiel- en porceleinfabrieken van de Berlijnse grootindustriële J.G. Wegely en zijn chemische laboratoriumschool was vermoedelijk in een van deze fabrieken gevestigd.<sup>102</sup> Fiedler produceerde vanaf 1787 in de buurt van Kassel salpeter en salmiak, en ook Schmieder was de eigenaar van een chemische fabriek.

Het feit dat deze scholen zich afficheerden als opleidingsinstituten voor 'praktische chemici' zou de indruk kunnen wekken dat we hier te maken hebben met de eerste beroepsopleidingen voor chemici en met de eerste tekenen van de vorming van een chemische professie. Deze veronderstelling is niet geheel zonder grond. Instituutoprichters als Wiegler en Hermbstaedt hadden namelijk een duidelijke visie op wat zij noemden een 'Chemist' (of 'Chemiker') 'von Profession'.<sup>103</sup> Deze kenmerkte zich door zijn theoretische én praktische beheersing van de chemie en onderscheidde zich zo zowel van de louter in de praktijk gevormde 'Laboranten',<sup>104</sup> als van de zich uitsluitend op boekenwijsheid baserende geleerden op de medische faculteit. Dat zij zulke praktisch én theoretisch geschoolde chemici aan hun instituten wilden opleiden, leidt geen twijfel. Ook het belang dat aan het onderwijs in de toen volop in ontwikkeling zijnde analytische chemie werd toegekend wijst daarop.<sup>105</sup> Daarmee is echter niet gezegd dat degenen die hun opleiding aan deze chemische instituten hadden voltooid ook werkelijk een beroepsgroep vormden en nog minder dat dit, als het gebeurde, een professionalisering van de chemiebeoefening zou zijn.

Veelzeggend is namelijk de wijze waarop Hermbstaedt in 1790 leerlingen probeerde te werven voor zijn school:

Um das Studium der Chemie .... zu erleichtern, habe ich eine chemische Schule angelegt, in der ich angehende Apotheker, oder andere wissbegierige Jünglinge, zu guten Scheidekünstlern zu bilden gedenke - Aeltern, die ihre Söhne, welche zu Apothekern bestimmt sind, oder aus andern Gründen, die Chemie in ihrem ganzen nach studieren sollen, meiner Leitung anvertrauen wollen, ...<sup>106</sup>

Opvallend is dat hier de term 'Scheidekünstler' in de zin van een opleidingskwaliteit gebruikt wordt en niet in de zin van een beroep: apotheker van beroep, maar scheikundige qua kennis. De kostscholen van Wiegler, Hermbstaedt, Fiedler en Schmieder waren chemische opleidingen voor apothekers, fabrikanten en metallurgen, het waren geen opleidingen voor beroepschemici. Dat dat zo was lag niet aan deze scholen - die presenteerden zich immers als onderwijsinstellingen voor 'praktische scheikundigen' - maar aan het ontbreken van een beroepsbeeld en een vraag naar 'chemici' in de maatschappij. De chemische instituten richtten zich om voldoende leerlingen aan te trekken nog grotendeels op de traditionele, door afkomst bepaalde beroepsstructuur. Alleen onder de apothekers was er een werkelijke vraag naar een grondige praktische en theoretische scholing op chemisch gebied.

Dat de vraag naar dit type opleidingen vooral onder toekomstige apothekers leefde en niet onder personen die werkzaam waren in de nijverheid, blijkt duidelijk uit de verdere geschiedenis van deze 'chemische instituten'. Na 1801 werd er geen enkele specifiek-chemische 'Lehranstalt' meer opgericht.<sup>107</sup>

Hermbsstaedt sloot zijn school in 1797 toen hij een aanstelling kreeg als lid van de *Technische Deputation* van het Pruisische *Manufaktur- und Kommerzienkollegium*, omdat hij, vanwege het vorstelijke salaris dat aan die functie verbonden was, de inkomsten uit zijn privé-school voortaan ontberen kon. In die nieuwe functie gaf hij, zoals ik hieronder zal laten zien, wel chemisch onderwijs aan fabrikanten en ambachtslieden, maar dit was niet algemeen van aard maar gericht op de specifieke eisen van hun beroep. Schaub veranderde zijn chemische school in Kassel in 1804 in een *physikalisch-chemisch-pharmazeutisches Institut* naar het model van Trommsdorff. Voor de Hessische 'Bergwerksalumni', die tot die tijd zijn instituut hadden bezocht, stond vanaf dat jaar een door de staat opgerichte 'Landesanstalt' ter beschikking.<sup>108</sup> De omvattende chemische scholing die Fiedler en Schaub oorspronkelijk boden, raakte zo opgesplitst in specifieke opleidingen voor metallurgen en apothekers.

Vanaf het begin van de negentiende eeuw zijn er twee gescheiden ontwikkelings-richtingen waar te nemen, waarin de door Wiegler gestarte onderwijs traditie werd voortgezet.<sup>109</sup> Enerzijds waren er de farmaceutisch-chemische instituten, die het succesvolle voorbeeld van de school van Trommsdorff volgden. Nieuwe farmaceutisch-chemische privé-instituten werden na ongeveer 1820 in verschillende universiteitssteden opgericht en bleven daar tot halverwege de negentiende eeuw bestaan. Ze waren later doorgaans, via personele unies of meer formeel, met de universiteiten verbonden en droegen in belangrijke mate bij tot de professionalisering van de farmacie en de latere beroepsvorming op het gebied van de chemie. Deze historische ontwikkelingslijn is in de literatuur uitvoerig beschreven.<sup>110</sup> Anderzijds was er het dagonderwijs aan fabrikanten dat, met betrekking tot de chemische studie-onderdelen in de opleiding, als een voortzetting van de scholen van Wiegler, Hermbsstaedt, Fiedler en Schmieder kan worden beschouwd. Dit was onderwijs dat niet de opleiding van 'praktische Chemiker' tot doel had, maar dat dichter aansloot bij de behoeften van de nijverheid. De Duitse polytechnische scholen die na 1800 werden opgericht zouden de voornaamste instellingen voor dit type onderwijs gaan vormen.<sup>111</sup>

Meestal had het onderwijs aan fabrikanten en ambachtslieden evenwel niet het karakter van dagonderwijs. De combinatie van grondig theoretisch en praktisch onderwijs die de 'chemische Institute' kenmerkte was afwezig in het gebruikelijke chemische onderwijs aan de burgerij. Het was louter theoretisch gericht avond- en zondagsonderwijs dat gevolgd werd naast de gewone ambachtelijke praktijk. Naar dit soort cursussen, die eveneens tot de voorgeschiedenis van de polytechnische scholen horen, was omstreeks 1800 wel een maatschappelijke vraag.

### *Chemische (avond)cursussen voor ambachtslieden en fabrikanten*

Halverwege de jaren 1780 kwam de verbreiding van wetenschappelijke en technische kennis onder fabrikanten en ambachtslieden in Duitsland bij kameralisten en leidinggevende staatsbeambten in het centrum van de belangstelling te

staan. De toenemende invloed van de burgerij, de steeds sterker wordende concurrentie vanuit Engeland en Frankrijk en nieuwe uit het buitenland afkomstige theorieën over de plaats van de industriële nijverheid in de economie en over de rol van de staat (Adam Smith), zorgden ervoor dat er een grote verandering plaats vond in het economisch denken. De oudere fysiocratische en mercantilistische opvattingen werden verlaten en de aandacht van de kameralisten richtte zich in toenemende mate op de ambachtelijke en industriële nijverheid.

Er zijn verschillende aanwijzingen die deze verschuiving in de belangstelling van staatbeambten en burgers documenteren. Het door Beckmann geïntroduceerde vak 'Technologie' kreeg een steeds belangrijker rol binnen de opleiding van staatsbeambten. Een groot aantal nieuwe tijdschriften dat vanaf het midden van de jaren 1780 werd opgericht richtte zich, in tegenstelling tot de daarvoor bestaande bladen voor 'oeconomen' en kameralisten, niet op de academisch gevormden, maar op de verbreiding van 'gemeinnützige' kennis, verbeteringen en uitvindingen onder de burgerij.<sup>112</sup> De patriottische en oeconomische genootschappen besteedden steeds meer aandacht aan de ontwikkeling van de nijverheid. Omstreeks 1790 vond er een nieuwe oprichtingshaussie van patriottische verenigingen plaats. Ditmaal was niet de verbetering van de landbouw, maar de bevordering van handel en industrie het voornaamste doel.<sup>113</sup> Tenslotte is het opvallend dat er vanaf ongeveer 1785 overal in Duitsland opleidingen voor ambachtslieden en fabrikanten van de grond kwamen: tekenscholen, algemene cursussen op het gebied van de technologie en het talenonderwijs, specifieke beroepsgerichte cursussen, en dergelijke. Voor de verbreiding van 'nuttige' kennis en uitvindingen speelde, naast de genoemde tijdschriften, dit onderwijs een grote rol. Ook de patriottische genootschappen waren doorgaans actief op dit terrein.

De beweging die ijverde voor de oprichting van scholen voor de 'nijverheids-burgerij' ('Wirtschaftsbürger') was sterk beïnvloed door de ideeën van de filantropijnen. Het opzetten van scholen voor ambachtslieden en fabrikanten en de roep om deze scholen van staatswege te ondersteunen, behelsden tevens een forse kritiek op het functioneren van de gilden. Deze kritiek werd in Duitsland reeds voor de Franse Revolutie regelmatig gehoord - lang voor het afschaffen van de gildedwang.<sup>114</sup> Terwijl in Frankrijk de opkomst van het technische onderwijs in belangrijke mate veroorzaakt werd door het feit dat de afschaffing van de gilden een volledige ineenstorting van het leerlingstelsel met zich meebracht, ontwikkelde in Duitsland het technische onderwijs zich aanvankelijk parallel aan en in aanvulling op de opleidingsroute via de gilden.<sup>115</sup>

De hervormingen in het technische onderwijs en de kritiek op het gilstelsel waren een logisch gevolg van de rationalistisch-economische politiek van de mercantilistisch-absolutistische staat.<sup>116</sup> De verlichte kameralistische staatshuishoudkundigen uit die tijd, die in de literatuur de 'vroeg-liberalen' worden genoemd, waren zeker door de ideeën van Adam Smith en, later, door de gebeurtenissen in Frankrijk beïnvloed, maar het liberalisme dat zij voorstonden was slechts beperkt. Gispen typeert de Pruisische onderwijs-, nijverheids- en staatshervormers om die reden als 'liberalizing mercantilists', die een middenkoers

voeren tussen de vrijhandelsideeën van de liberale economische theoretici en de mercantilistische politieke denkbeelden van de achttiende eeuw.<sup>117</sup> Het staatsperspectief bleef bij alle hervormingen dominant aanwezig. Anders dan bijvoorbeeld in Engeland kwam in Duitsland het technische onderwijs, in een eendrachtige samenwerking tussen vroeg-liberalen en filantropijnen, in belangrijke mate als staatsonderwijs van de grond.

De Pruisische regering liep op dit terrein in Duitsland voorop. Nadat in 1786 het initiatief tot een cursus voor ververs genomen was, richtte de Pruisische overheid vanaf 1787 in Berlijn en in verschillende provinciehoofdsteden zogenaamde 'Kunstschulen' op, 'zu mehrerer Vervollkommung aller Mechanischer Handarbeiter (Professionisten)' en ter bevordering van de 'goede smaak'.<sup>118</sup> In de daarop volgende decennia nam vooral het zogenaamde *Fabriken-Departement* het voortouw met betrekking tot de nijverheidsbevordering en het opzetten van technisch onderwijs. Binnen dit departement was vanaf 1789 een ambtenaar werkzaam, die zich ontwikkelen zou tot een van de belangrijkste drijvende krachten achter meerdere pogingen om de nijverheid en het technisch onderwijs op een nieuwe leest te schoeien.

Deze man was G. J. Ch. Kunth (1757-1829), die voor zijn betrekking bij de Pruisische overheid de huisleraar van de gebroeders Alexander en Wilhelm von Humboldt was geweest. Hij klom in 1801 op tot directeur van het *Manufaktur- und Kommerzienkollegium*, een in 1787 opgericht onderdeel van het *Fabriken-Departement*.<sup>119</sup> Kunth was een krachtige voorstander van de vroeg-liberale principes. Zijn veel geciteerde uitspraak uit 1818 over de verhouding tussen de staat, de industrie en het onderwijs geeft goed het gedachtengoed weer waarmee men in Pruisen aan het einde van de achttiende eeuw het vraagstuk van de industrialisatie begon te benaderen.<sup>120</sup>

Gegenüber die Gefahr, durch die Anstrengungen anderer Fabrikländer immer enger beschränkt zu werden,... ist die Hülfe, welche von Staatswegen geleistet werden kann, in dem einzigen Wort begriffen: Bildung!

Ook op het gebied van de chemie werd de noodzaak gevoeld om ambachtslieden en fabrikanten grondiger te scholen en maakte men een start met het onderwijs. Enerzijds ging het daarbij om de algemene verbreiding van 'populair wetenschappelijk' kennis van de chemie onder de nijvere stand, anderzijds om specieke beroepsgerichte cursussen.<sup>121</sup>

Vooraf in de textielindustrie was de concurrentie van de andere 'Fabrikländer' bedreigend. In Frankrijk en Engeland maakten op dit terrein de chemische wetenschap, respectievelijk de industrie een stormachtige ontwikkeling door. De traditionele wijze van kennisoverdracht binnen de verversgilden en onder de drukkers was volstrekt niet toegesneden op deze situatie.<sup>122</sup> Om concurrerend te blijven, was een effectieve verbreiding van in het buitenland ontwikkelde technische en chemische vernieuwingen zondermeer een vereiste.<sup>123</sup> Het was deze noodzaak, die de eerste beroepsgerichte chemische cursussen deed ontstaan.

De twee centra van de Duitse katoendrukkerij, Augsburg en Berlijn, liepen daarbij voorop.

In 1786 gaf F.C. Achard (1753-1821), die vanaf 1782 directeur van het ook met technische adviestaken aan de Pruisische overheid belaste chemische laboratorium van de *Akademie der Wissenschaften* was, in opdracht van de Academie en het *Fabriken-Departement* een chemische cursus voor de Berlijnse ververs.<sup>124</sup> Het is niet bekend of Achard deze lessen tot de beëindiging van zijn functie bij de Academie, in 1800, gegeven heeft. In ieder geval werd het openbare onderwijs aan ververs, blekers, appreteurs en katoendrukkers (en leerlooiers) vanaf 1801 in de handen van Hermbstaedt gelegd.<sup>125</sup>

In zijn hoedanigheid als lid van de in 1796 opgerichte *Technische Deputation* - een adviesorgaan van het *Manufaktur- und Kommerzienkollegium* - kreeg Hermbstaedt vanaf 1797 talloze taken die gericht waren op de groei van de Pruisische chemische nijverheid. Hij adviseerde over octrooien, over de introductie van buitenlandse uitvindingen, over de vestiging van fabrieken en gaf leerboeken en tijdschriften uit die voor ambachtslieden, chemici, fabrikanten en technologen waren bestemd. Ook de cursussen die hij gaf stonden geheel in het teken van Kunths 'Gewerbeförderung durch Bildung'. In de eerste jaren van de negentiende eeuw ontwikkelde hij zich in Duitsland tot de meest produktieve en vooraanstaande autoriteit op het gebied van de technische chemie en de technologie. Een positie die tot zijn dood in 1833 onaangetast zou blijven.<sup>126</sup>

Eind 1799 viel het besluit om voor Hermbstaedt een speciaal instituut te laten bouwen, waarin hij zijn onderwijs kon geven en experimenten kon uitvoeren in opdracht van de Pruisische regering. Dit 'Gebäude für den Chemicus des Fabriken Departements' bestond uit een groot laboratorium, een collegezaal, verschillende andere werk- en opslagruimten en een dienstwoning voor Hermbstaedt. Het was een van de grootste en best ingerichte laboratoria in geheel Duitsland.<sup>127</sup> Nog voor de bouw klaar was, verzocht Kunth hem in 1801 een cursus voor volwassen ververs en katoendrukkers te geven in een ruimte van het *Fabrikendepartement*. Vanaf 1802 gaf Hermbstaedt deze lessen in zijn eigen instituut.<sup>128</sup> In hetzelfde jaar kwam ook een nieuw reglement voor de Berlijnse katoendrukkerijen tot stand waarin voor deze branche, als eerste bedrijfstak in Pruisen, alle gildebeperkingen werden opgeheven.<sup>129</sup>

De Pruisische overheid maakte daarmee de katoendrukkerij tot speerpunt van de economische modernisering. Hermbstaedt publiceerde nog in 1802 zijn *Grundriss der Färbekunst*, een 'Leitfaden zu dem Unterrichte der inländischen Kattun-Fabrikanten, Färber und Bleicher auf allerhöchsten Befehl entworfen', zodat ook buiten Berlijn de 'rationelle Ausübung' van de ververij en drukkerij veld zou kunnen winnen. Tevens gaf hij vanaf dat jaar een *Magazin für Färber, Zeugdrucker und Bleicher* uit, bestemd om de laatste verbeteringen en uitvindingen overal in Pruisen te verbreiden. Hermbstaedts poging om het onderwijs aan de katoendrukkers, blekers en ververs op een 'wetenschappelijke grondslag' te geven was een groot succes. Ieder jaar werd de cursus gegeven. Een tweede druk

van Hermbstaedts leerboek verscheen in 1807, een derde in 1825.<sup>130</sup>

In zijn functie als chemicus van het *Fabriken-Departement* richtte Hermbstaedt zijn aandacht ook op andere takken van nijverheid. Verschillende leerboeken, handleidingen en tijdschriften van zijn hand over onderwerpen als de azijnbereiding, de bierbrouwerij, de leerlooierij en de zeepziederij verschenen nog gedurende het eerste decennium van de negentiende eeuw. In haar streven ambacht en industrie met behulp van de wetenschap op een hoger plan te brengen, koos de Pruisische overheid daarmee voor een aanpak die nauw aansloot bij de bestaande beroepen- en nijverheidsstructuur.<sup>131</sup>

Deze benadering van de technische chemie week af van de koers die door chemici als Weigel en Wiegleb was ingeslagen. Hun onderverdeling van de technische chemie was primair een indeling op scheikundige gronden (zouten, aarden, metalen, e.d.), die enigszins door de nijverheidspraktijk was gemodificeerd (glasmakerij, ververij). Hermbstaedt koos na 1800 volledig voor een bedrijfstakgewijze aanpak. Hij verenigde zo elementen uit de technisch-chemische traditie van zijn leermeester Wiegleb, met de beroepsgerichte benadering zoals die door technologen als Beckmann en Jung-Stilling werd gepraktiseerd.<sup>132</sup> De descriptieve chemische technologie van Jung-Stilling en zijn navolgers trachtte Hermbstaedt organisch te verbinden met een systematische scholing in de grondslagen van de chemie. Het doel was daarbij een 'verwetenschappelijking' en 'rationalisering' van de ambachtelijke en industriële praktijk. Ook een ververij- of drukkerijbezitter zou een 'gründliche Chemiker', in plaats van een 'empirische Künstler', moeten zijn!<sup>133</sup>

De lessen die Hermbstaedt vanaf 1801 gaf op het gebied van de technische chemie oefenden een invloed uit op het latere (poly)technische onderwijs. Toen de Pruisische overheid in 1821 in Berlijn de *Technische Schule* oprichtte - de Pruisische variant van de polytechnische school - stelde de verantwoordelijke ambtenaar P. Ch. W. Beuth (1781-1853), dat met dit praktisch-gerichte dagonderwijs aan (leerling-)ambachtslieden in feite de lijn die door Hermbstaedt was ingeslagen, werd voortgezet.<sup>134</sup> Ook de invloedrijke oprichter van de Weense polytechnische school J.J. Prechtl, verwees nadrukkelijk naar de ideeën van Hermbstaedt. Hij ontwierp bovendien een chemische cursus die voortbouwde op de door Hermbstaedt geschreven monografieën over specifieke bedrijfstakken.<sup>135</sup>

In de eerste twee decennia van de negentiende eeuw nam de door Kunth geïnitieerde en door Hermbstaedt uitgevoerde poging om de kennis van de chemie onder fabrikanten en ambachtslieden te verbreiden in Duitsland een unieke positie in. Alleen in Frankrijk vonden, onder leiding van Chaptal, vergelijkbare ontwikkelingen plaats. Buiten Pruisen werd in Duitsland het chemische onderwijs aan specifieke beroepsgroepen voornamelijk aan het particuliere initiatief overgelaten.

Zo opende de colorist, chemisch industrieel en latere uitgever van het beroemde *Polytechnische Journal*, J. G. Dingler (1778-1855) in 1806, met toestemming van de Beierse overheid, in de textielstad Augsburg een particuliere

chemisch-technische school voor coloristen en katoenfabrikanten.<sup>136</sup> Omstreeks hetzelfde jaar gaf de chemicus K. W. Juch (1774-1821) in München een cursus voor ververs in het kader van een aldaar gevestigde 'Feiertags-Schule'.<sup>137</sup> Vergelijkbare scholen en cursussen werden vanaf 1810 door Prechtel in Wenen en vanaf 1812 door Trommsdorff in Erfurt georganiseerd.<sup>138</sup>

Trommsdorffs *Unterrichtsanstalt für Fabrikantensöhne, Färber, Cattun- und Zeugdrucker und Bleicher* bestond naast zijn farmaceutische instituut.<sup>139</sup> Na de opheffing van de universiteit te Erfurt, waar Trommsdorff tevens hoogleraar was in de chemie en farmacie, ondernamen Trommsdorff en anderen een poging om in hun stad met steun van de Pruisische overheid zowel een 'polytechnisches Institut' als een chirurgisch-farmaceutisch instituut op te richten, waarin de privé-scholen van Trommsdorff zouden opgaan. Kunth was een sterke voorstander van dit plan, maar kon het binnen de regering niet doorzetten.<sup>140</sup> Desondanks laat dit voorbeeld fraai zien dat er in Duitsland, waar het polytechnische onderwijs sterk in het teken van de nijverheidsbevordering stond, rechtstreekse lijnen lopen van het cursorische onderwijs aan fabrikanten en ambachtslieden, naar het - latere - fenomeen van de polytechnische school. Ook in de andere genoemde gevallen zijn deze lijnen aanwezig. Juch en Dingler waren betrokken bij twee kortlevende polytechnische scholen die in Augsburg hebben bestaan en Prechtel was, zoals vermeld, de oprichter van de Weense polytechnische school.

### Conclusies

In deze paragraaf heb ik laten zien dat er in Duitsland vanaf het midden van de achttiende eeuw onderwijs voor de burgerij van de grond kwam waarin de natuurwetenschappen een rol speelden. Gedurende het laatste kwart van de eeuw vermeerderden zich de stemmen dat een totale hervorming van het onderwijs gewenst was en dat dit een onderwerp van staatszorg zou dienen te zijn. Aan de vooravond van de Franse Revolutie won deze filantropijnse hervormingsbeweging aan kracht. Overall in Duitsland kwam het tot de oprichting van scholen en cursussen voor ambachtslieden en fabrikanten. Hierdoor werd ook de verbreiding van chemische kennis en de verbreding van het maatschappelijk draagvlak en werkingsgebied van de chemie sterk bevorderd. De opkomst van dit technische onderwijs voor de burgerij droeg er zo toe bij dat de chemie een kennisgebied werd dat steeds losser van de geneeskunde kwam te staan en steeds meer verbonden raakte met de initiatieven van overheden en genootschappen om de welvaart van het land, door bevordering van de nijverheid, te vergroten.

De zogenaamde 'chemische scholen', waarvan de eerste in 1779 door Wiegleb geopend was, ontwikkelden zich niet in de richting van 'scholen voor (praktische) chemici', hoewel deze mogelijkheid zeker in de kiem aanwezig was. Als algemene chemische school was dit schooltype rond 1800 niet levensvatbaar. Dit was wel het geval met twee andere schooltypen. In de eerste plaats ontstond de 'farmaceutisch-chemische school' die speciaal bedoeld was voor het opleiden van 'wetenschappelijke apothekers'. Dit schooltype raakte na 1820 verbonden met het



chemisch onderwijs aan de universiteiten. In de tweede plaats werden er chemische cursussen voor speciale groepen ambachtslieden en fabrikanten gestart, vooral voor ververs, katoendrukkers en coloristen, die de bevordering van een 'rationele (wetenschappelijke) nijverheidspraktijk' tot doel hadden. Dit was een ontwikkeling die vooruit liep op de oprichting van de polytechnische scholen.

### **3.3 De (mislukte) emancipatie van de burgerij: opkomst en ondergang van het niet-standsgebonden onderwijs (1790-1815)**

De denkbeelden van Verlichtingsfilosofen als Diderot, Voltaire en Rousseau, waarvan de echo weerklonk in het 'vrijheid, gelijkheid en broederschap' van de Franse revolutie, oefenden ook in Duitsland hun invloed uit. Gedurende de laatste decennia van de achttiende eeuw bekritiseerden verschillende representanten van de Duitse burgerij de rigiditeit van de standenmaatschappij en de traditionele verhoudingen in de nijverheid en het staatsbestuur. Na de Franse revolutie nam de roep om hervormingen toe. Toch kwam het in tegenstelling tot Frankrijk in de verschillende Duitse en Oostenrijkse landen niet tot een werkelijke politieke participatie van de burgerij of tot een democratische constitutie. De verlicht-absolutistische Duitse vorsten voerden, geadviseerd door hun mede uit de hogere burgerij afkomstige beambten, verschillende hervormingen door. Deze 'Revolution von oben' kwam de burgerij in bepaalde opzichten tegemoet, zonder dat de politieke macht uit handen werd gegeven. Vooral na de beëindiging van de Franse oorlogen in 1815 herstelde de oude standsindeling zich grotendeels.

Onderdeel van deze 'Revolution von oben' waren hervormingen op het gebied van het onderwijs. Het feit dat de burgerij in Duitsland er uiteindelijk niet in slaagde een belangrijk aandeel te verwerven in de politieke macht, wil niet zeggen dat de standsgrenzen in alle sectoren van de samenleving volledig intact bleven. Hoewel de meeste filantropijnse schoolhervormingen uit het laatste kwart van de achttiende eeuw de door geboorte bepaalde maatschappelijke verhoudingen niet ter discussie stelden en een ieder wilden opvoeden nut te stichten op diens vaste plaats in de maatschappij, droeg deze pedagogische beweging ook tot onderwijs-hervormingen bij die tot een vervaging van de standenindeling leidden. Pogingen om het onderwijs voor de middenstand van 'nijverheidsburgers' wetenschappelijker, en het onderwijs aan de kinderen uit de hogere standen praktischer te maken, begonnen na 1790 in elkaar te grijpen.

Enerzijds zorgden de in de vorige paragraaf beschreven veranderingen in de scholing van ambachtslieden en fabrikanten ervoor dat de oude gilde-orde voor een deel doorbroken werd. De eis om ook de 'nijverheidsburgers' wetenschappelijk te scholen, maakte dat de traditionele grens tussen het handwerk en de geleerdencultuur vager werd. De patriottische genootschappen legden steeds vaker

de nadruk op de noodzaak van 'wetenschappelijke' scholing van de burgerij, in plaats van op de verbreiding van 'nuttige kennis' zondermeer.<sup>141</sup> Anderzijds beperkte de invloed van Verlichtingspedagogische hervormingsbeweging zich niet meer tot het onderwijs voor de burgerij. Al het onderwijs moest aanschouwelijker en nuttiger worden en breken met de boekenwijsheid. Ook op de gymnasia en de universiteiten dienden theorie en praktijk, hoofd- en handarbeid samen te gaan. Ook dit was een programma dat de bestaande standsindeling ter discussie stelde.

Beide ontwikkelingen te zamen zorgden ervoor dat er in Duitsland vanaf 1790 een nieuw schooltype tot stand kwam dat zowel voor de burgerij als voor de maatschappelijke bovenlaag was bestemd: het eenheidsgymnasium, later 'Realgymnasium' genoemd. Daarnaast werden er verschillende reorganisaties op de universiteiten door gevoerd, die tot doel hadden om deze instellingen nuttiger te maken voor de burgerlijke maatschappij en de toegankelijkheid voor de burgerij te vergroten en er tevens op gericht waren de opleiding van de (technische) staatsbeambten praktischer te maken. Dit leidde in een aantal gevallen tot de oprichting van 'speciale scholen', losgemaakt van de universiteit, op het gebied van bijvoorbeeld de landbouw, de bosbouw, de veerartsenijkunde en, *last but not least*, de 'polytechniek'.

In deze paragraaf ga ik nader in op de consequenties die deze onderwijshervormingen hadden voor het technisch-chemische onderwijs en op de ontwikkelingen die hebben geleid tot de oprichting van zelfstandige polytechnische scholen. Eerst behandel ik evenwel het neohumanisme, een pedagogische stroming die in de hier behandelde periode een grote invloed had. Aan de hand van deze stroming kunnen de toen heersende denkbeelden om de standensegmentatie in het onderwijs af te schaffen duidelijk worden geïllustreerd.

### *Het neohumanisme als Verlichtingspedagogische hervormingsbeweging*

Het neohumanisme, met zijn grote nadruk op de geestelijke ontplooiing van het individu en zijn verering van de Griekse oudheid, wordt in de literatuur wel voorgesteld als een pedagogische stroming die een reactie vormde op zowel de stiele onderwijsmethoden van de Latijnse school, als op de 'nuttigheidspedagogiek' van de filantropijnen. Het is vooral de Beierse onderwijsbeambte F.I. Niethammer (1766-1848) geweest die het neohumanisme en het filantropisme in zijn in 1808 verschenen geschrift *Der Streit des Philanthropinismus und Humanismus in der Theorie des Erziehungs-Unterrichts unsrer Zeit* als contrastbegrippen tegenover elkaar zette. Zijn felle stellingname tegen het filantropisme heeft de geschiedschrijving over dit onderwerp lange tijd sterk beïnvloed.<sup>142</sup>

Het recente historisch-pedagogische onderzoek heeft evenwel laten zien dat het onjuist is om Niethammers opvattingen met de ideeën van hét neohumanisme te identificeren. Met name toonaangevende Pruisische neohumanisten als W. von Humboldt, F.E.D. Schleiermacher en F.A. Wolf dachten, in vergelijking met Niethammer, veel positiever over de vormende waarde van de wiskunde en de natuurwetenschappelijke vakken. De tegenstelling tussen het door filologen

beheerste 'neohumanistische Gymnasium' en de 'Realschule' nam in feite pas na 1830 scherpe vormen aan. De hervormingen die in Pruisen tussen 1800 en 1815 op de gymnasia werden doorgevoerd kenmerkten zich door een evenwichtige verdeling van de aandacht over de *humaniora*, de wiskunde en de natuurleer. Ook het vroege neohumanisme was een onderdeel van de door Rousseau beïnvloede Verlichtingspedagogiek. Maar er waren accentverschillen. Waar de filantropijnen het doel van het onderwijs voornamelijk in de 'Berufsbildung' zagen, stond voor de neohumanisten de 'allgemeine Menschenbildung' centraal.

De neohumanistische onderwijsfilosofie was een typisch produkt van de woelige politieke en sociale periode tussen 1795 en 1815. Terwijl de filantropijnen het kind toch bovenal voorbereidden op diens, door afkomst bepaalde, maatschappelijke rol, impliceerde het idee van een 'allgemeine Menschenbildung', een omvattende beschaving en ontplooiing van ieder individu, een radicale breuk met de oude standenmaatschappij. De neohumanisten wilden ieder opvoeden tot staatsburger, ongeacht rang of stand, en hanteerden bij de benoeming op belangrijke maatschappelijke posten een meritocratisch gezichtspunt. Dit meritocratische standpunt had in de praktijk evenwel sterk aristocratische trekken. Voor de 'Geburtsadel' diende een 'Geisteselite' in de plaats te komen. Over de financiële mogelijkheden om het daartoe benodigde onderwijs te volgen beschikten evenwel slechts weinigen. De neohumanistische denkbeelden, hoe egalitair ook geformuleerd, vormden in de loop van de negentiende eeuw de ideologische grondslag voor de machtspositie van het Duitse 'Bildungsbürgertum' en leidden *de facto* tot het ontstaan van nieuwe standsverschillen in de zich vormende 'berufsständische Gesellschaft'.<sup>143</sup>

Andere belangrijke kenmerken van het pedagogische denken van de neohumanisten zijn de nadruk die het 'formele denken' kreeg en de strikte scheiding tussen het algemene onderwijs, dat door ieder gevolgd diende te worden, en het beroeps-onderwijs. Voor de filantropijnen diende het leerproces geheel vanuit de waarneming en ervaring plaats te vinden. Neohumanisten als Von Humboldt ontkenen de waarde van dit aanschouwelijke onderwijs niet, maar onderstreepten daarnaast de grote waarde van een filologische, een wiskundige en een logische scholing voor de ontwikkeling van de menselijke geest. Aan deze 'formale Bildung' werd in de latere ontwikkeling van het Duitse gymnasiale en hogere onderwijs een waarde ver boven de 'Realbildung' toegekend. Tegenover de 'populair wetenschappelijke' aanpak van de filantropijnen, verdedigden de neohumanisten de voordelen van een scholing op 'streng wetenschappelijke' basis.

Ten aanzien van de scheiding tussen de 'allgemeine Menschenbildung' en de beroepsvoorbereiding, waren de opvattingen van Von Humboldt compromisloos. In zijn hervormingsplannen voor het Pruisische onderwijs uit 1809 hanteerde hij een volkomen scheiding tussen beide typen onderwijs. Eerst diende een voorbereidende school doorlopen te worden, waar het onderwijs gericht was op het bijbrengen van een algemene beschaving en een alzijdige ontwikkeling van de persoonlijkheid. 'Nuttige vakken' hoorden op deze school niet thuis, maar alleen die vakken die bijdroegen tot een 'Bildung' van het individu. Het gymnasium was

in de ogen van Von Humboldt de school die deze rol in het onderwijsstelsel diende te vervullen voor leerlingen uit iedere laag van de maatschappij. Sommigen zouden echter slechts enkele klassen van deze school doorlopen, anderen voltooiden de school tot na het 'Abitur'. Pas na het doorlopen van deze algemeen vormende fase van het onderwijs mocht er, volgens Von Humboldt, beroepsgericht onderwijs gevolgd worden. Deze visie stond in een duidelijk contrast met de ideeën van zijn vroegere leermeester Kunth. Deze stond een schooltype voor waarin beroepsgerichte, 'nuttige', vakken en algemeen vormende vakken naast elkaar gegeven zouden worden.<sup>144</sup>

De neohumanistische ideeën oefenden in de eerste twee decennia van de negentiende eeuw een grote invloed uit op de inrichting van het Pruisische onderwijs. Van een in de oudere literatuur wel veronderstelde absolute breuk rond 1810 was echter, zoals ik al heb aangeduid, geen sprake. In de eerste plaats oefende het denken van de filantropisten en van Pestalozzi nog gedurende een zeer groot deel van de negentiende eeuw een grote invloed uit, vooral op het onderwijs voor het volk en de lagere echelons van de burgerij. In de tweede plaats was, ook als we ons het onderwijs voor de aristocratie en de hogere burgerij beperken, de invloed van het neohumanisme buiten Pruisen aanvankelijk nihil. In Zuid-Duitsland en Oostenrijk bleven utilitaire gezichtspunten de onderwijspolitiek nog lange tijd bepalen. In de derde plaats moet het praktische effect van Von Humboldts egalitaire Bildungsfilosofie op het standsgebonden onderwijs, zoals hierboven reeds is aangegeven, niet worden overschat. Vooral tijdens de politieke restauratie na 1815 raakte het onderwijsstelsel weer volgens standsgrenzen gesegmenteerd. Naast de oude aristocratie van adel, grondbezitters, militairen, hoge staatsbeambten en geleerden, was nu evenwel een nieuwe groep tot de maatschappelijke bovenlaag doorgedrongen: de 'Bildungsbürger'. Parallel aan deze hernieuwde segmentering verdwenen de wiskunde en de natuurwetenschappelijke vakken naar de marge van het gymnasiale onderwijs.

Slechts gedurende de betrekkelijk korte periode tussen 1790 en 1815 kregen radicale denkbeelden met betrekking tot het opzetten van niet-standsgebonden onderwijs een kans.<sup>145</sup> Dit leidde in die tijd tot initiatieven die ook het onderwijs in de chemie betroffen. Verschillende nieuwe schooltypen onstonden, zoals de Pruisische hervormde gymnasia, de Beierse 'Real-Institute' en de Praagse polytechnische school, die als echte polytechnische scholen dan wel als de voorlopers daarvan kunnen worden beschouwd. Onderwijs in de chemie was steeds een integraal onderdeel van het curriculum. Deze scholen combineerden kenmerken van het universitaire of geleerde onderwijs met kenmerken van het meer praktisch gerichte onderwijs aan ambachtslieden en fabrikanten. Ze vormden een nieuwe institutionele context voor het onderwijs in de technische chemie en luiden de start in van een ontwikkeling die uiteindelijk tot het ontstaan van 'hoger technisch-chemisch onderwijs' zou leiden.<sup>146</sup>

*De eenheidsschool in Pruisen*

De opkomst van niet aan standsgrenzen gebonden onderwijs paste bij uitstek in de ideologie van de zich emanciperende middengroepen dat belangrijke maatschappelijke posities niet op basis van geboorte maar op basis van intellectuele capaciteiten en technische expertise dienden te worden verdeeld. Deze middengroepen zouden vanaf het einde van de achttiende eeuw de recruteringsbasis voor verschillende nieuwe beroepen en professies vormen, zoals het ingenieursberoep, de beroepen van mijnbouw-, bosbouw- en landbouwkundige en het beroep van chemicus.<sup>147</sup> Het is daarom van belang het ontstaan van deze nieuwe schooltypen nader te beschouwen. De moeilijkheden waarmee deze scholen te maken hadden geven een goed inzicht in de invloed van de politieke en economische verhoudingen op het onderwijs en in de vroeg-negentiende eeuwse positie van de opkomende middengroepen.

De eerste scholen die zowel algemeen vormend als beroepsonderwijs boden en de eerste scholen die zowel voor de maatschappelijke elite als voor de nijvere stand waren bestemd, verschenen, incidentele uitzonderingen daargelaten, pas na 1790 in het Duitse onderwijslandschap.<sup>148</sup> Pruisen nam weer het voortouw. Zowel van de zijde van het ministerie van binnenlandse zaken, toen verantwoordelijk voor het onderwijs, als van de zijde van het *Fabriken-Departement*, werden initiatieven ontplooid om het onderwijs voor de burgerij op een hoger plan te brengen. De eerstgenoemde instantie reorganiseerde in 1798 de gymnasia, en voerde wis- en natuurkundige vakken in in de laagste drie klassen van deze school. Deze onderbouw van het gymnasium moest voortaan zowel de opleiding van 'Künstler, Kaufleute [und] Fabrikanten' dienen, als de voorbereiding zijn op de bovenbouw van de school, die bestemd was voor de 'gelehrten Ständen'. Als organisatievorm van het onderwijs voerden de Pruisische onderwijspolitici de door de filantropijnen voorgestane 'Fachklassen' in.<sup>149</sup>

Op deze eerste hervorming, die door het onderscheid in onder- en bovenbouw nog geen radicale breuk met het standsdenken betekende, bouwde Humboldt in 1809 voort toen hij zijn neohumanistische blauwdruk voor de Pruisische gymnasia neerlegde. Humboldt voerde het onderwijs in de wiskunde en de natuurwetenschappen in alle klassen van het gymnasium in, waardoor de radicale verschillen tussen de onder- en de bovenbouw verdwenen. Wiskunde werd naast de filologie en de geschiedenis, een van de drie hoofdvakken van het gymnasium. De Franse 'écoles centrales' dienden daarbij tot voorbeeld. Humboldts programma vormde tevens een onderdeel van de politieke hervormingen die vanaf 1807 in Pruisen werden doorgevoerd.<sup>150</sup>

In dezelfde periode trachtte Kunth in het *Fabriken-Departement* op twee verschillende wijzen het opleidingspeil van nijvere stand te verhogen: door het organiseren van het beroepsonderwijs dat Hermbstaedt en zijn collega J.G. May gaven, en door het verlenen van steun aan de Berlijnse *Handlungsschule* waar leerlingen van verschillende beroepsrichtingen een algemene wetenschappelijke basisscholing kregen.<sup>151</sup> Deze school was als particuliere instelling in 1791 door J.M.F. Schulz opgericht, maar in 1803 door het *Fabriken-Departement*

overgenomen. Van 1803 tot 1806 functioneerde de school als staatsinstituut onder de naam *königliche Handlungsschule*, met Kunth in de directie. Kunth was een sterke voorstander van de integratie van beroepsgericht en algemeen vormend onderwijs. Hij bouwde de school uit van een typische handelsschool tot een school voor kooplieden, fabrikanten, manufacturiers en 'Professionisten', en voerde de scheikunde als een van de leervakken in.<sup>152</sup> Leerlingen die de school wilden bezoeken dienden de onderbouw van het gymnasium te hebben gevolgd.<sup>153</sup> Door gebrek aan leerlingen kwam de school niet tot bloei. Gymnasiasten bleven weg en een poging van Kunth om het instituut voor jongere leerlingen aantrekkelijk te maken door naast de technische en commerciële vakken ook algemeen vormende studie-onderdelen aan te bieden, mislukte door tegenwerking van het onderwijsdepartement. De ineenslorting van de Pruisische staat in de herfst van 1806 leidde tot de definitieve sluiting van de school.<sup>154</sup>

De competentiestrijd tussen het *Fabrikendepartement* en het onderwijsdepartement bepaalde in Pruisen jarenlang het lot van het technische onderwijs. Een tweedeling van het onderwijsstelsel, die werd versterkt door de neohumanistische hervormingen van 1809/10 was het gevolg, met beroepsopleidingen aan de ene kant en algemeen vormende scholen als het gymnasium aan de andere kant.<sup>155</sup> Het in theorie egalitaire onderwijsconcept van Von Humboldt en de zijnen versterkte zo in Pruisen *de facto* de tweedeling in de samenleving tussen de 'Bildungsbürger' en de 'Wirtschaftsbürger' en leidde tot een verwaarlozing van opleidingsmogelijkheden voor fabrikanten en 'hogere technici'. Een volwaardige polytechnische school kwam in Pruisen, anders dan in Zuid-Duitsland en Oostenrijk, pas omstreeks 1850 tot stand. Alleen het specifieke beroepsonderwijs in de door Hermbstaedt gestarte traditie bleek levensvatbaar en werd door Beuth vanaf 1820 in de vorm van een landelijke stelsel van '(Provinzial-)Gewerbeschulen' gerealiseerd.<sup>156</sup>

### *De Beierse 'Real-Institute'*

In duidelijk contrast hiermee staan de gebeurtenissen in Beieren, waar het wel tot de oprichting van twee scholen kwam die een grondige wiskundige en natuurwetenschappelijke vooropleiding boden voor zowel aanstaande artsen, 'Naturforscher', kameralisten en staatsingenieurs, als voor fabrikanten, kooplieden en 'Künstler'. De eerste stap die leidde tot de oprichting van deze instituten werd gezet in 1804, toen de verlichte regering Montgelas in het kader van de politieke hervorming van de in 1803 sterk vergrote Beierse staat, een utilitaristisch gerichte herziening van het gehele Beierse onderwijs doorvoerde. Deze hervorming maakte van de gymnasia een 'eenheidsschool', bestemd voor zowel de geleerde- als de burgerstand, waarin ook 'nuttige', beroepsgerichte vakken op het programma stonden. Voor de regering Montgelas was Frankrijk, waar Condorcet in 1792 zijn totaalplan voor het openbare onderwijs had geformuleerd, het grote voorbeeld.<sup>157</sup>

Reeds in 1808 maakte het door Niethammer ontworpen *Allgemeine Normativ*

*der öffentlichen Unterrichtsanstalten im Königreich Bayern* een einde aan deze korte heerschappij van het in de geest van het filantropisme georganiseerde staatsonderwijs. Als neohumanist stond Niethammer een strikte scheiding van het voorbereidende algemeen vormende onderwijs en het daaropvolgende beroeps-onderwijs voor. Terwijl Von Humboldt echter van het gymnasium de exclusieve onderwijsinstelling voor het gehele algemeen vormende onderwijs maakte, splitste Niethammer het voorbereidende onderwijs in twee naast elkaar staande onderwijsstromen. De progymnasia en gymnasia bereidden op verdere studie in richting van de humaniora voor (filologie, theologie, rechten), de 'Realschulen' en 'Realinstitute' op studierichtingen op natuurwetenschappelijk, medisch, kameralistisch en technisch terrein. Deze laatste scholen waren bovendien bestemd om de leerlingen uit burgerlijke milieus een grondige algemene opleiding te geven. Het doel om het in 1804 geïntroduceerde eenheidsonderwijs voor alle staatsburgers weer te splitsen in apart onderwijs voor de verschillende standen, speelde bij deze wijziging van het onderwijsstelsel een expliciete rol.<sup>158</sup>

De op de 'Realschulen' voortbouwende 'Realinstitute', bestemd voor leerlingen van 14 tot 18 jaar, kwamen alleen in Augsburg en Neurenberg tot stand.<sup>159</sup> Deze twee voormalige vrije rijkssteden, die pas in 1806 bij Beieren waren gevoegd, waren in die tijd de enige twee industriële 'eilanden' in de overwegend agrarische en ambachtelijke Beierse economie.<sup>160</sup> Aan beide instituten werden professoren op het gebied van de chemie aangesteld: K.W. Juch in Augsburg en J.S.C. Schweigger in Neurenberg.<sup>161</sup> Met de oprichting van deze 'Realinstitute' had de Beierse overheid een opleidingstype gecreëerd dat een zekere verwantschap met zowel de Franse 'écoles centrales' als de *École polytechnique* vertoonde. De vooropleiding van de leerlingen, die de 'Realschulen' immers voltooid hadden, en de veeleisende theoretische oriëntatie van het onderwijs, waarin naast de moderne talen, de wiskunde en de natuurwetenschappen ook de logica en de psychologie een plaats kregen, maakten deze instituten tot hogere onderwijsinstellingen. Tijdgenoten waren zich de parallellen met de Parijse polytechnische school wel bewust en noemden de scholen in Augsburg en Neurenberg ook wel 'polytechnische Institute' of 'physikotechnische Institute'.<sup>162</sup>

Terwijl de school in Parijs en ook de latere polytechnische school te Wenen, de centrale scholing van technici en wetenschappers voor de gehele natie diende te verzorgen, was er onder de Beierse verhoudingen nauwelijks een draagvlak voor scholen van dit type. Niethammers opzet de traditionele splitsing tussen scholen voor academische en burgerlijke beroepen te doorbreken, liep op een mislukking uit. Enerzijds was er met betrekking tot die potentiële leerlingen die een voortgezette studie tot arts, kameralist, officier, bosbouwer, mijnbouwkundige, bouwkundig ingenieur en 'natuuronderzoeker' beoogden, de concurrentie van de gymnasia. Anderzijds was de opleiding te theoretisch om een grote groep toekomstige kooplieden, industriëlen en 'konstenaars' aan te trekken. Voor de meeste gezinnen uit de nijvere stand was de vier jaar durende dagopleiding die de Augsburgse en Neurenbergse instituten boden gewoonweg niet te bekostigen. De slechte omstan-

digheden waarin de Beierse staatskas tijdens de Napoleontische oorlogen verkeerde waren daarnaast een minstens zo grote bedreiging voor de bloei van dit nieuwe onderwijs.

In Augsburg telde de vierde, meest theoretische, klas in 1810 slechts drie leerlingen. Het jaar daarop zorgden de stijgende staatsschulden ervoor dat de omvang van het 'Real-Institut' in Augsburg van vier klassen tot slechts één klas werd teruggebracht. Het 'Real-Institut' in Neurenberg bleef evenwel bestaan en telde jaarlijks ongeveer 40 leerlingen.<sup>163</sup> De na 1815 ingezette politieke restauratie, waarbij de katholieke partij te hoop liep tegen het onderwijsbeleid van de protestant Niethammer, betekende de definitieve doodsteek voor het Beierse 'realistische' algemeen vormende onderwijs. In 1816 werden de 'Realschulen' omgezet in de meer beroepsgerichte hogere burgerscholen, de 'physikotechnische (Real)Institute' opgeheven en het wiskunde-onderwijs dat op de gymnasia was ingevoerd uit de curricula geschrapt.<sup>164</sup>

Dat zowel Augsburg als Neurenberg slechts enkele jaren later wederom over polytechnische scholen zouden beschikken, lag niet aan de Beierse overheid. In beide steden nam de plaatselijke burgerij het voortouw. De Augsburgse school kwam in 1822 op initiatief van de plaatselijke *Polytechnische Verein* onder leiding van J.C. Dingler tot stand. De Neurenbergse school werd in 1823 door het stadsbestuur, op aandrang van plaatselijke notabelen, opgericht. Beide polytechnische scholen verschilden hemelsbreed van de vroegere 'Realinstitute'. Doelgroep vormde nu primair de ambachtslieden, niet de toekomstige academici of de kapitaalkrachtige burgerij. Het onderwijs werd dan ook voor een deel 's avonds en op zondag gegeven. Ondanks die bijstellingen bleef het maatschappelijk draagvlak voor technisch onderwijs in Beieren door de slechte economische omstandigheden nog jaren smal. Pas na 1830 kwamen beide scholen met overheidssteun in rustiger vaarwater.<sup>165</sup>

### *Het debat over de toekomst van de universiteit en de oprichting van 'Fachhochschulen'*

Pogingen om het standsgebonden karakter van het onderwijsstelsel te doorbreken bleven niet voor de poorten van de universiteiten staan. De politiek en maatschappelijk bewogen jaren tussen 1795 en 1815 die de opkomst en ondergang van menige onderwijsvernieuwing zagen, vormden een periode van grote onrust voor de Duitse universiteit. Als gevolg van de vele territoriale reorganisaties binnen het Duitstalige grondgebied verloren vele gebieden hun autonomie. De nieuw gevormde, sterk vergrote, staten sloten vele van de kleinere universiteiten, die ze na die reorganisaties verkregen hadden. Het aantal universiteiten in Duitsland nam af van 35 in 1789 tot 20 in 1818.<sup>166</sup>

Deze situatie waarin er voortdurend universiteiten gesloten, samengevoegd, verplaatst en gereorganiseerd werden, vormde het decor voor heftige uiteenzettingen over het fenomeen universiteit als zodanig. In de literatuur over de ontwikkeling van de Duitse universiteiten in de betreffende periode, worden gewoonlijk



vier onderwijspolitieke stromingen onderscheiden, met verschillende visies op de toekomst van de universiteit.<sup>167</sup>

In de eerste plaats bepleitten sommigen een utilitaristische reorganisatie van de gehele universiteit, in de geest van de Verlichting. Vooral professoren in de kameralistische vakken en verschillende staatsbeambten behoorden hiertoe. In de tweede plaats was er een groep geleerden die elke utilitaristische vernieuwing en iedere onderwerping aan het staatsbelang afwees, met een beroep op de oude universitaire corporatieve autonomie en op de oude idealen van omvattende geleerdheid.

De neohumanistisch-idealistische richting, die vanaf 1790 aan betekenis won, verzette zich tegen beide voorgaande stromingen. De universiteit diende in hun ogen geen instelling vol 'steriele geleerdheid' te zijn, maar een instituut waar 'Forscher' in 'eenzaamheid' en 'vrijheid' hun wetenschappelijk onderzoek konden verrichten, los van de staat en van iedere gerichtheid op onmiddellijk maatschappelijk nut. Een vierde stroming, tenslotte, stond de volledige opheffing van alle universiteiten voor. Deze dienden vervangen te worden door een aantal, op aparte beroepsgroepen gerichte, 'Fach-' of 'Spezialhochschulen'. Evenals voor de eerstgenoemde stroming, stond voor degenen die deze opvatting aanhingen het maatschappelijke nut van het onderwijs bovenaan.

Voor de ontwikkeling van het Duitse polytechnische en technisch-chemische onderwijs waren vooral de als eerste en als laatste genoemde stroming van belang. Beide vormden een onderdeel van dezelfde, in de inleiding van deze paragraaf beschreven beweging om de filantropijnse pedagogische ideeën ook ten grondslag te leggen aan het hogere onderwijs. Ik kan mij dan ook niet vinden in de onder techniekhistorici gangbare opvatting dat het vooral het neohumanisme was dat ervoor zorgde dat de tweedeling van het hoger onderwijs in universiteiten en polytechnische scholen tot stand kwam.<sup>168</sup> Deze opvatting is om twee redenen onjuist. Ten eerste is het bewijsmateriaal voor die stelling te exclusief aan de ontwikkelingen in Pruisen ontleend en ten onrechte voor geheel Duitsland gegeneraliseerd. Elders in Duitsland speelde het neohumanisme vóór 1830 (in Beieren de korte episode Niethammer (1808-1816) uitgezonderd) echter nauwelijks een rol. In de tweede plaats heeft men ook het Pruisische bronnenmateriaal zeer eenzijdig geïnterpreteerd. Het feit dat ook het Pruisische neohumanisme er aanvankelijk niet toe leidde dat de technische vakken van de universiteiten geweerd werden, is grotendeels genegeerd.<sup>169</sup>

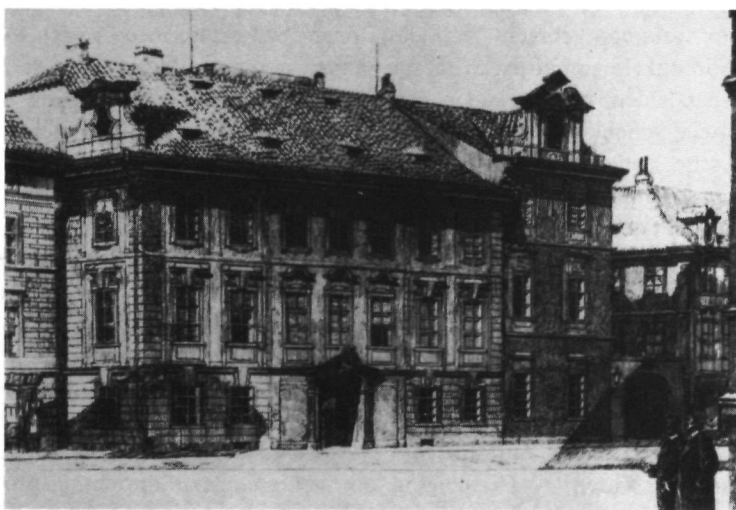
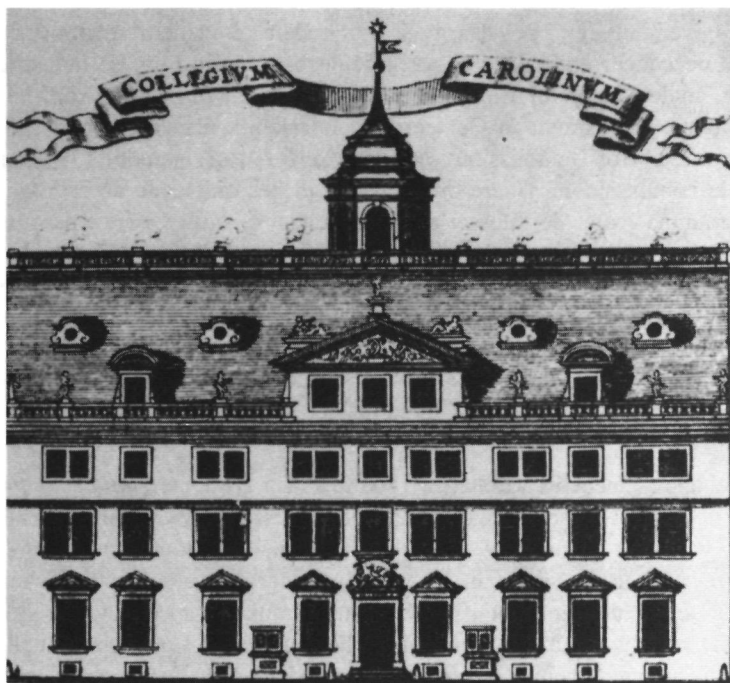
Het verschil tussen de eerste en de vierde stroming betrof uitsluitend de vraag of de gewenste integratie van theorie en praktijk het beste op de universiteiten zelf plaats kon vinden, of dat hiertoe beter afzonderlijke instituten konden worden opgericht.<sup>170</sup> Het standpunt in deze kwestie was met name voor de kameralistische vakken van belang. Gedurende de laatste drie decennia van de achttiende eeuw werd steeds vaker bepleit dat voor een praktische beoefening van verschillende onderdelen van de kameralistische studie de oprichting van afzonderlijke

instituten - analoog aan de mijnbouwacademies - gewenst was. Zo bepleitte de kameralist Schreber reeds in 1763 de oprichting van een 'Oeconomische Akademie', een plan dat met de opening in 1774 van de *Kameral-Hohen-Schule* te Kaiserslautern werd gerealiseerd.<sup>171</sup> Daarnaast kwam het onder andere tot de oprichting van speciale bosbouwacademies in Berlijn (1770), Kiel (1785), Kassel (1797) en Schemnitz (1807), van veeartsenijscholen in Dresden (1774/80), Hannover (1778), München (1790) en Berlijn (1790) en van 'oconomische'- en landbouwinstituten in Jena (1790) en Frankfurt a/d Oder (1795).<sup>172</sup> Praktische overwegingen gaven daarbij de doorslag. Zo waren de landbouwinstituten, die nadrukkelijk voor grootgrondbezitters en hun rentmeesters en niet voor boeren bestemd waren, doorgaans met proefboerderijen verbonden. Een gegeven dat de organisatie binnen een universitair verband in de weg kon staan. Aan de beroemde landbouwinstituten van A. Thaer te Celle (1802) en Möglin (1808) en van P.E. Fellenberg in Hofwyl bij Bern (1807) waren ook aparte docenten in de landbouw-chemie aangesteld.<sup>173</sup>

Deze ontwikkeling leidde tot een geleidelijke ontmanteling van de academische kameralistiek. Naarmate de meer natuurwetenschappelijk-technische onderdelen van die studierichting steeds vaker in afzonderlijke instituten werden ondergebracht, reduceerde de kameralistiek meer en meer tot een louter bestuurs- en staatshuishoudkundige opleiding. Analooq aan de verzelfstandiging van het mijnbouwkundige, bosbouwkundige en landhuishoudkundige onderwijs kwam ook de vraag op of ook de kameralistische 'Technologie' niet beter in een afzonderlijk instituut kon worden ondergebracht. Het onderwijs kon dan tevens praktischer van karakter worden. Dit spoorde met de in diezelfde tijd steeds sterker gevoelde noodzaak om het technische onderwijs aan ambachtslieden en fabrikanten meer aandacht te geven (§ 3.2). Zo kwamen plannen in discussie om 'hoger technisch' onderwijs te organiseren dat zowel voor leden van de geleerde stand als voor leden van de burgerij open zou staan.

In het Hertogdom Brunswijk en in de, kortlevende, Helvetische Republiek werd niet de oprichting van een technologisch instituut overwogen, maar een grondige hervorming van de universiteit. In het kader van een in 1790 geformuleerd plan om de Brunswijkse landsuniversiteit te Helmstedt samen te voegen met het in de hoofdstad gevestigde *Collegium Carolinum*, was de oprichting van een 'technologische faculteit' voorzien. Plannen om in Zürich in 1798 een centrale universiteit voor heel Zwitserland op te richten, voorzagen in de oprichting van aparte studierichtingen voor technici en ingenieurs. Beide pogingen faalden door de roerige politieke en slechte economische omstandigheden.<sup>174</sup>

De vragen of de universiteiten grondig gereorganiseerd dienden te worden of dat technische vakken beter in een aparte academie konden worden ondergebracht stonden tezelfdertijd ook in Oostenrijk ter discussie. In 1795 stelde keizer Franz II - vermoedelijk mede beïnvloed door discussies in Frankrijk<sup>175</sup> - de *Studien-Revisions-Hof-Commission* in, die de taak kreeg hervormingsplannen voor het (hoger) onderwijs te ontwerpen. Lid van deze commissie, in de hoedanigheid van referent voor de vakken wiskunde, fysica, landbouwkunde en technologie, was



Afb. 10 en 11: Het Duitse polytechnische onderwijs bouwde ook voort op achttiende eeuwse voorlopers. Zo ontstond de in 1835 opgerichte (poly)technische afdeling te Brunswijk uit het reeds in 1745 gevestigde Collegium Carolinum (afb. boven), waar onder meer een camera-listische opleiding gevolgd kon worden (o.l.v. G.H. Zincke) die vanaf de oprichting een sterke technische inslag had. De in 1803 opgerichte polytechnische school te Praag (afb. onder) ontstond gedeeltelijk als opvolger van de tot dan toe met de Praagse universiteit verbonden opleiding voor militaire- en civiele ingenieurs (*Fotodienst TU Delft*).

Franz Josef (von) Gerstner (1756-1832), hoogleraar in de hogere wiskunde aan de Praagse universiteit en de daarmee verbonden 'Ingenieursschule'.<sup>176</sup> Diens betoog dat de concurrentie door de sterk gemechaniseerde Engelse industrie en de chemische ontdekkingen in Engeland en Frankrijk de oprichting van een hoger technisch onderwijsinstituut in Oostenrijk noodzakelijk maakten, vond gehoor bij de leden van de 'Hof-Commission' en bij de keizer. In september 1797 verstrekte Franz II de commissie de nadere opdracht om in het kader van de revisie van het studieprogramma voor de filosofische faculteiten een uitgewerkt plan voor de oprichting van 'höheren technischen Institute' op te stellen.<sup>177</sup> De taak om dit plan uit te werken viel aan Gerstner toe. In 1798 presenteerde hij zijn voorstellen aan de commissie. Hiermee werd een ontwikkeling in gang gezet die zou leiden tot de oprichting van de polytechnische scholen in Praag (1803) en Wenen (1815).

### *De polytechnische school te Praag*

De oprichtingsgeschiedenis van het in 1803 te Praag gestichte *Ständische polytechnische Institut* illustreert duidelijk hoezeer het Duitse onderwijs omstreeks 1800 in beweging was. De organisatie van de universiteiten stond ter discussie, het 'middelbare' onderwijs was in beweging, onderwijs aan ambachtslieden en fabrikanten kreeg de aandacht, invloeden uit Frankrijk speelden een rol en de vertrouwde scheiding naar standen binnen het onderwijs stond op de helling. Al deze ontwikkelingen beïnvloedden elkaar wederzijds. Deze haast chaotische situatie heeft sommige geschiedschrijvers over de oprichting de Praagse school mogelijk tot wanhoop gebracht, de meeste onder hen echter ertoe verleid om deze oprichting in enkele simplistische thesen samen te vatten. Auteurs die de Praagse school behandelden in het kader van de (voor)geschiedenis van de Weense polytechnische school, benadrukten doorgaans dat het plan dat Gerstner voor het polytechnische onderwijs ontwierp sterk geënt was op het voorbeeld van de Parijse *École polytechnique*. Zo kon het afwijkende karakter van de oprichting van de Weense school scherper uitkomen.<sup>178</sup> Bij auteurs voor wie de geschiedenis van de Praagse school zelf centraal stond, kan men het volstreckte tegendeel van deze bewering aantreffen. Voor hen was het schoolontwerp van Gerstner een originele schepping, gericht op de bevordering van de Oostenrijkse nijverheid, waarin op talloze punten werd afgeweken van de organisatie en schoolpraktijk van de beroemde Parijse school.<sup>179</sup> Een deel van de historiografische moeilijkheden wordt ongetwijfeld veroorzaakt door het feit dat in diezelfde tijd ook de doelstellingen en lesprogramma's van de *École polytechnique* aan voortdurende verandering onderhevig waren.<sup>180</sup> De neiging om het complexe oprichtingsproces tot één beslissende factor - het Parijse voorbeeld, versus de nijverheidsbevordering - terug te willen brengen is zeker een tweede oorzaak.

Vruchtbaarder is het om oog te hebben voor het meerdimensionale karakter van Gerstners overwegingen. In zijn 'beleidsnota' uit 1798 speelden drie typen argumenten een rol, die onderling in elkaar grepen. De Engelse en Franse concurrentie door de uitvinding van de stoommachine, de spinmachine en de

chemische verbeteringen in de blekerij, de ververij en de katoendrukkerij verschaffen het argument om een klasse van technici op te leiden die verbeteringen zou kunnen doorvoeren in de Oostenrijkse nijverheid (1). Aan de structuur van het Oostenrijkse hoger onderwijs kon, zeker in de context van de opdracht van de keizer, het argument ontleend worden dat, gegeven deze concurrentie, in een leernte op het gebied van het nijverheidsonderwijs diende te worden voorzien (2). De *École polytechnique*, tenslotte, vormde een duidelijk voorbeeld van de omvang van de inspanningen die een andere grootmacht zich getroostte op het gebied van het technisch onderwijs. Dit gaf Gerstner het argument in handen om te pleitten voor de oprichting van een groot instituut - dat aanvankelijk in Wenen was gepland - met wel tien leerstoelen, waarop bij voorkeur geleerden van naam zouden worden benoemd (3).<sup>181</sup> In de historische literatuur heeft het tweede argument - of meer in het algemeen de samenhang tussen de oprichting van de twee eerste Oostenrijkse polytechnische scholen en de discussies over het Oostenrijkse universitaire onderwijs - weinig aandacht gekregen. Een nadere beschouwing van Gerstners nota en van de verdere oprichtingsgeschiedenis van de Praagse school laat zien dat dit gebrek aan aandacht niet terecht is.

In zijn ontwerp voor een 'hoger technisch instituut' uit 1798 stelde Gerstner dat als 'Berufswissenschaften' als de geneeskunde, de theologie en de rechtswetenschappen aparte onderwijsinstellingen bezaten en ook aan scholen voor de militaire ingenieurs, de mijnbouwkundigen en de scheepsbouwers was gedacht, de oprichting van een 'Bildungsanstalt für das höchst wichtige technische oder Gewerbestudium' niet uit mocht blijven.<sup>182</sup> Interessant is hier vooral de verwijzing naar de speciale scholen voor medicijnen, rechten en theologie. Dit onderstreept dat de oude universiteitsstructuur in discussie was en de faculteiten steeds meer als aparte 'Spezialschulen' werden gezien.<sup>183</sup> Gerstner zag zijn 'Bildungsanstalt' inderdaad tevens als een, gedeeltelijke, voortzetting van het universitaire kameralistische onderwijs in de technologie. Naast technici en bedrijfsleiders voor de industrie, dienden er aan het op te richten instituut ook staatsbeambten voor de mijnbouw en het 'Kameralwesen' te worden opgeleid.<sup>184</sup> Onderwijs aan de burgerij werd zodoende in dit plan van Gerstner met onderwijs aan de elite gecombineerd.

Dat Gerstners plannen niet in Wenen maar in Praag gerealiseerd werden, had, behalve met het feit dat Gerstner in Praag hoogleraar was, vooral te maken met de door oorlogsvoering leeg geraakte Habsburgse staatskas. Gerstners ambitieuze ontwerp voor een groot technologisch instituut werd als te kostbaar beoordeeld.<sup>185</sup> In 1800 bood het overlijden van de Praagse hoogleraar ingenieurswetenschappen en toegepaste wiskunde F.A.L. Herget, Gerstner echter de kans om een discussie over de toekomst van de Praagse 'Ingenieurschule' te starten. Hij kon daarin zijn idee op tafel leggen deze school om te vormen tot een polytechnische school, via een uitbreiding met chemisch-technologische en mechanisch-technologische leerstoelen gericht op de nijverheid.<sup>186</sup> Nadat de Boheemse landdag in 1802 de financiering had gegarandeerd en keizer Franz II toestemming tot de oprichting had gegeven, was in maart 1803 de formele

oprichting van het Praagse *Ständische polytechnische Institut* een feit. De lessen startten, na uitvoerige voorbereidingen door Gerstner en de drie andere hoogleraren, evenwel pas in november 1806. Hoewel het nieuwe instituut een eigen directeur (Gerstner) en een eigen lesprogramma had, onderhield de school net als de voormalige 'Ingenieurschule' de eerste jaren een band met de Praagse universiteit. De hoogleraren van de polytechnische school konden tevens in de filosofische faculteit van de universiteit worden aangesteld en alle leerlingen van de school dienden zich in het matrikel van de universiteit in te schrijven.<sup>187</sup>

De polytechnische school die in 1806/07 te Praag met 106 leerlingen van start ging verschilde in omvang, doelstelling en studentenpopulatie - zoals ook op basis van het volgende hoofdstuk zal blijken - aanzienlijk van de Parijse *École polytechnique*. De belangrijkste overeenkomst was dat, net als in Parijs, de technische chemie en de toegepaste wiskunde (inclusief de mechanica) de twee grondpijlers van het onderwijs vormden.<sup>188</sup> Slechts vier hoogleraren echter - voor wiskunde (Gerstner), mechanica, weg- en waterbouwkunde en chemie (Scherer) - gaven al het onderwijs, tegen elf in Parijs.

Hoofddoel van de Praagse school was het 'Emporbringen der vaterländische Gewerbe durch wissenschaftlichen Unterricht'<sup>189</sup>, maar de studentenpopulatie was veel breder samengesteld dan men op basis van dit hoofddoel zou vermoeden. In 1814 werd de studentenpopulatie formeel in drieën verdeeld toen er voor drie onderscheiden groepen aparte lesroosters werden opgesteld. Een eerste groep studenten bestond uit (toekomstige) stedelijke fabrikanten en ambachtslieden, zoals coloristen, ververs, horlogemakers, werktuigkundigen en instrumentmakers. Een tweede, hoger en meer theoretisch geschoolde groep bestond uit het leidinggevende personeel van de landgoederen, fabrieken en bossen van de Boheemse adel en uit 'Kameralbeamten', landmeters, ingenieurs en waterbouwkundigen. De derde groep studenten waren de toekomstige leraren voor het technische onderwijs en de toekomstige staatsbeamten die de fabrieks- en handelszaken en de wegen en de waterbouw moesten controleren.<sup>190</sup> Het was vooral met het oog op de opleiding van de tweede groep dat de Boheemse adel in de landdag in 1802 steun aan het initiatief van Gerstner had gegeven. De belangrijke textiel-, ijzer- en glasindustrie van Bohemen was grotendeels in handen van adellijke families en het waren deze op de export georiënteerde bedrijven die het sterkst te maken hadden met de Engelse en Franse concurrentie, die door Gerstner was geschetst. De inhoud van het lesprogramma was op die Boheemse industrietakken toegesneden. Meer dan in Gerstners ontwerp uit 1798, dat voor het gehele Habsburgse rijk bedoeld was, kwamen in het Praagse programma van 1806 de specifieke belangen van de Boheemse industrie voorop te staan.<sup>191</sup> Het onderwijs dat feitelijk gegeven werd bleef evenwel de eerste paar jaar nog betrekkelijk theoretisch. De speciale praktische cursussen voor glasmakers, ververs en coloristen die gepland waren, werden omsteeks 1812 nog niet gegeven.<sup>192</sup>

De oprichting van de Praagse polytechnische school laat mijns inziens fraai zien hoe in de politiek en maatschappelijk chaotische periode tussen 1790 en 1815

verschillende ontwikkelingslijnen uit de achttiende eeuwse Duitse onderwijs-geschiedenis samenkwamen. Pogingen om het technologische onderwijs aan de universiteiten te verbeteren werden gecombineerd met initiatieven die veranderingen in de scholing van ambachtslieden en fabrikanten tot doel hadden. Het standsgebonden karakter van het onderwijs verminderde: staatsbeambten, leden van de adel, hun bedrijfsleiders en leden van de stedelijke burgerij werden allen aan één instelling opgeleid. De binding die er aanvankelijk tussen de polytechnische school en de universiteit bestond versterkt het beeld dat de eerste Duitse polytechnische school een hybride en weinig gedifferentieerde instelling was. Ook pogingen, vanaf 1803 ondernomen, om in Wenen een polytechnisch instituut van de grond te krijgen gingen aanvankelijk uit van zo'n verband met de universiteit.<sup>193</sup>

Tegen het einde van de Napoleontische oorlogen liep deze revolutionaire periode in het Duitse onderwijs ten einde. De invoering van een toelatingsexamen door Gerstner in 1814 maakte de Praagse school minder toegankelijk voor zoons uit burgerfamilies. De opsplitsing van het lesprogramma in datzelfde jaar in drie aparte programma's voor de drie hierboven genoemde groepen kan als een herintroductie van een standendifferentieatie - nu echter binnen één instelling - worden opgevat. Toen in 1815 de polytechnische school in Praag volledig zelfstandig werd en alle banden met de universiteit werden doorgesneden - waaronder het voorrecht om in het matrikel ingeschreven te staan - was de Verlichte pioniersfase van het Praagse polytechnische onderwijs definitief voorbij.<sup>194</sup> De oprichting van de Weense polytechnische school in 1815 luidde een nieuwe fase in. De organisatorische en didactische principes van die groots opgezette nieuwe school zouden het polytechnische onderwijs in heel Duitsland in de eerste decennia van de negentiende eeuw diepgaand beïnvloeden.<sup>195</sup>

### 3.4 Conclusie

In dit hoofdstuk heb ik laten zien hoe er in de loop van de achttiende eeuw een steeds uitgebreider aanbod aan chemisch onderwijs ontstond, dat niet verbonden was met de medisch-farmaceutische sector. Een voortrekkersrol in dit proces speelde het onderwijs aan staatsbeambten, in het bijzonder op het gebied van de metallurgie. De opkomst van de universitaire 'Kameral-Instituten' betekende, vooral toen na 1770 het onderwijs in de 'Technologie' van de grond kwam een verdere verbreding van het werkterrein van de universitaire chemie, hetgeen bijdroeg tot de verzelfstandiging van het leervak chemie aan de universiteiten.

Ook buiten-universitaire ontwikkelingen vergrooten na 1770 het maatschappelijk draagvlak voor het chemisch onderwijs. Privé-scholen werden opgericht, waar chemisch onderwijs aan farmaceuten en fabrikanten gegeven werd. Daarnaast onderstonden er chemische avond- en zondagscursussen voor fabrikanten en ambachtslieden. Al deze initiatieven werden diepgaand beïnvloed door de opvattingen

gen van de Verlichtingspedagogen en in verschillende gevallen actief ondersteund door de patriottische genootschappen. Ook de wederzijdse beïnvloeding van universitair en buiten-universitair onderwijs die na 1790 steeds vaker plaatsvond, betrof verschillende (nieuwe) schooltypen waar de technische chemie werd gedoceerd. In vrijwel al deze gevallen ging het om scholen met een breed lesaanbod, waarvan het onderwijs in de chemie slechts een klein onderdeel uitmaakte. Uitzonderingen vormden de chemisch gerichte avondcursussen voor ambachtslieden en fabrikanten en de 'chemische privé-instituten' die naar het voorbeeld van de school van Wiegleb werden opgericht. Als onderwijsinstellingen voor 'chemici' kunnen deze twee onderwijstypen niet worden opgevat. Het avondonderwijs was gericht op de beroepspraktijk van de fabrikanten en ambachtslieden en veelal toegesneden op de problemen van specifieke bedrijfstakken (ververij, leerlooierij etc.). De meeste 'chemische privé-instituten' waren sterk op de chemische aspecten van het apothekersvak gericht. De paar scholen die een bredere oriëntatie hadden werden geen succes en moesten in de loop van de Napoleontische periode hun poorten sluiten.

Twee conclusies zijn erop basis van deze geschiedenis van het op de nijverheid gerichte onderwijs in de technische chemie te trekken die van belang zijn voor het thema van dit boek. De eerste conclusie betreft de les die uit deze geschiedenis van het technisch-chemische onderwijs getrokken kan worden met betrekking tot het ontstaan van het beroep van chemicus. De tweede conclusie betreft het verband tussen de beschreven achttiende eeuwse ontwikkelingen en de opkomst van het chemische onderwijs aan de polytechnische scholen, dat het onderwerp van de volgende hoofdstukken vormt.

Met betrekking tot het ontstaan van het beroep van chemicus laat de in dit hoofdstuk geschetste onderwijsgeschiedenis zien dat er in de loop van de achttiende eeuw in Duitsland geen scholen ontstonden die zich expliciet richtten op het opleiden van chemici. De behandeling van de chemische privé-instituten toonde dat er weliswaar ontwikkelingen plaatsvonden die in de richting wezen van het ontstaan van een modern chemische beroep, maar tevens dat de maatschappelijke vraag naar grondig theoretisch én praktisch geschoolde chemici omstreeks 1800 blijkbaar nog te beperkt was voor een blijvend succes van dit onderwijs. De enige groep personen voor wie de chemiebeoefening min of meer hun beroep was, was de kleine groep van professoren en leraren in de chemie. Bijna steeds dienden zij echter naast de chemie ook andere disciplines te doceren, of combineerden zij hun hoogleraarschap met een medische praktijk, met het beheer van een apotheek of met andere banen. Van een werkelijke specialisatie op onderwijs en onderzoek in de chemie was geen sprake. De vooropleiding van deze docenten speelde zich grotendeels af op de medische faculteiten en in de apotheken, niet in instellingen waar men specifiek tot docent in de chemie kon worden geschoold.

Vanuit een algemener perspectief op het ontstaan van het moderne, op een grondige schoolopleiding voortbouwende beroep van chemicus bleek vooral de periode 1790-1815 interessant. Het Duitse onderwijs was toen sterk in beweging



en de traditionele koppeling tussen de oude standsgebonden schooltypen en de beroepenstructuur van het *ancien régime* verzwakte. Er ontstond ruimte voor nieuwe initiatieven, waaronder schooltypen die zich richtten op het opleiden van 'hogere technici'. Deze, omstreeks 1800 nog nauwelijks zichtbare groep van technici kenmerkte zich door een vooropleiding waarin een theoretische studie op universitair niveau gecombineerd werd met een praktische scholing en een oriëntatie op de problemen van de nijverheid. De oude tweedeling waarbij het universitaire niveau voorbehouden was aan de leden van de elite en alleen op de klassieke geleerde beroepen was gericht, terwijl het nijverheidsonderwijs alleen door burgerkinderen werd gevolgd en een louter ambachtelijke oriëntatie had, werd daarbij verlaten. In § 3.3 zijn verschillende van zulke hybride schooltypen behandeld waar de natuurwetenschappen en de techniek een volwaardige plaats tussen de geleerde vakken kregen: de Pruisische '(Real)gymnasia', de Beierse 'Real-Institute' (ook polytechnische instituten genoemd) en de Oostenrijkse polytechnische instituten. Daar bleek dat de werkelijke bloei van deze schooltypen beperkt bleef tot de betrekkelijk korte periode van de Franse tijd. De Restauratie na 1815 betekende voor vrijwel alle vernieuwingen op dit gebied de nekslag. Alleen de Praagse polytechnische school bleef bestaan, vanaf 1815 samen met haar Weense zusterinstelling. In hoofdstuk 5 en 6 zal onderzocht worden of er aan deze scholen 'hogere technici' en in het bijzonder 'technische chemici' werden opgeleid.

Met betrekking tot het ontstaan van het 'polytechnische schooltype' en het op die scholen gegeven technisch-chemische onderwijs heb ik in de vorige paragrafen laten zien dat er vele directe en indirecte lijnen lopen tussen het achttiende eeuwse technische onderwijs en de latere polytechnische school. Hoewel Franse voorbeelden het Duitse onderwijs tussen 1790 en 1815 op velerlei wijzen beïnvloed hebben, meen ik aannemelijk te hebben gemaakt dat de Duitse polytechnische scholen ook wortelen in ontwikkelingen die in Duitsland vóór de Franse revolutie zijn gestart.

In de eerste plaats zal ik in de hoofdstukken 5 en 6 laten zien dat de inhoud van het vak technische chemie aan de polytechnische scholen voortbouwde op de didactische praktijken en leerboektradities van de achttiende eeuw. Enerzijds werden in de beschreven periode didactische vernieuwingen die hun oorsprong vonden in het universitaire metallurgische en kameralistische onderwijs gecombineerd met de eisen die specifieke beroepsgroepen stelden. Dit leidde tot het door Hermbstaedt gegeven onderwijs in de 'speciale technische chemie' (voor ververs, brouwers e.d.). Anderzijds werd er aan de universiteiten de 'algemene technische chemie' gedoceerd (Gmelin, Suckow): een algemene chemische cursus, waarin vooral de technische toepassingen werden belicht.<sup>196</sup> Beiden tradities werden later op de polytechnische scholen voortgezet.

In de tweede plaats hebben de vorige paragrafen laten zien dat er soms een institutionele continuïteit was tussen de achttiende eeuwse schooltypen en de latere polytechnische school, of dat bepaalde schooltypen of docenten in dit verband een

voorbeeldfunctie vervulden. Voorbeelden zijn de uitbouw van 'Realschulen' tot 'Real-Instituten', de voortzetting van de kameralistische technologie en de universitaire ingenieursopleiding in de Praagse polytechnische school en de plannen die er waren om de ververs- en coloristencursus van Trommsdorff in een te Erfurt op te richten polytechnische school op te laten gaan. Deze voorbeelden laten zien dat het daarbij om wel heel verschillende soorten scholen ging. Niets was in deze geboorteperiode van het polytechnische schooltype inderdaad minder gestandaardiseerd dan de term 'polytechnische school'. In hoofdstuk 6 zal ik daar expliciet op terug komen. De Parijse *École polytechnique* mocht dan wel haar naam aan dit schooltype gegeven hebben en voortdurend in alle Duitse debatten over het hogere technische onderwijs een rol spelen, van een imitatie van 'het model' van de Parijse school was geen sprake. Deze these zal in het volgende hoofdstuk nader worden uitgewerkt. Het zo vaak voor de splitsing tussen universiteit en polytechnische school verantwoordelijk gestelde neohumanisme, vervulde deze rol in de hier beschreven periode nog absoluut niet. De auteurs die dit beweren hebben de later in de Duitse onderwijswereld heersende denkbeelden op de ontstaansperiode van het polytechnische onderwijs terug geprojecteerd. De stroming die vernieuwing van het technische onderwijs in Duitsland in de late achttiende een vroege negentiende eeuw volledig domineerde was het filantropisme met haar 'nuttigheidspedagogiek'.

## DE INVLOED VAN DE *ÉCOLE POLYTECHNIQUE* OP DE ONTWIKKELING VAN HET CHEMISCHE EN HET POLYTECHNISCHE ONDERWIJS (1794-1830)

De sociale, politieke en militaire ontwikkelingen die in de jaren vlak na de Franse Revolutie in Duitsland de stoot gaven tot verschillende vernieuwingen op het gebied van het onderwijs, leidden in Frankrijk zelf tot de volledige ineenstorting van het bestaande onderwijsaanbod, gevolgd door de vorming van een compleet nieuw stelsel van opleidingen en scholen. De beroemdste schepping van de jonge Franse republiek op dit terrein was ongetwijfeld de *École polytechnique*, opgericht in 1794 als de *École centrale des Travaux publics*. Binnen enkele jaren kreeg deze school voor militaire en civiele ingenieurs door de uitgebreide voorzieningen voor praktisch onderwijs waarover de school beschikte en vooral door de enorme wetenschappelijke reputatie van de docentenstaf, een vermaardheid tot ver buiten de Franse grenzen. De *École polytechnique* werd een van de beroemdste wetenschappelijke en technische instellingen van Europa en wist deze vooraanstaande positie gedurende de gehele eerste helft van de negentiende eeuw te handhaven.

De bijzondere positie van het Parijse instituut in het vroeg negentiende-eeuwse onderwijslandschap wordt onderstreept door het feit dat de *École polytechnique* - hoewel een niet-Duitse instelling - ook een prominente plaats inneemt in de geschiedschrijving van zowel de chemiebeoefening in Duitsland, als van het Duitse polytechnische onderwijs in het algemeen. Daarbij gaat het om drie, ook afzonderlijk verdedigde, historiografische thesen.

In de eerste plaats is er de opvatting dat de *École polytechnique* de eerste school ter wereld was waar leerlingen systematisch tot wetenschappelijke of technische chemici konden worden opgeleid. Aangevoerd wordt daarbij dat de praktische researchtraining in het laboratorium voor het eerst aan deze school een verplicht onderdeel van het curriculum werd. Dit betekende, volgens de aanhangers van deze visie, niets minder dan het ontstaan van het moderne, op wetenschappelijke scholing gebaseerde beroep van chemicus.<sup>1</sup> In de tweede plaats kan zeer frequent de stelling worden aangetroffen dat de Duitse polytechnische instituten - beginnend met de scholen te Praag (1803/06), Wenen (1815) en Karlsruhe (1825) - opgericht werden naar het voorbeeld van de *École polytechnique*.<sup>2</sup> Een derde these, tenslotte, is de bewering dat Liebig zijn beroemde methode van praktisch laboratoriumonderricht in 1825 in Giessen introduceerde

nadat (en doordat) hij deze methode in Parijs op de *École polytechnique* had leren kennen. Onder invloed van Liebig verbreidde die methode om wetenschappelijk gevormde chemici op te leiden zich vervolgens over alle Duitse universiteiten.<sup>3</sup>

Deze stellingen te zamen maken de *École polytechnique* in feite tot het richtinggevende voorbeeld voor het gehele Duitse chemische onderwijs en voor de professionalisering van de chemie. Volgens de derde stelling immers, gaat het Duitse universitaire chemische onderwijs en de universitaire ontstaansroute tot het beroep van chemicus in Duitsland, op het Parijse voorbeeld terug. De eerste twee stellingen impliceren, in combinatie, hetzelfde voor de beroepsvorming via het chemische onderwijs aan de polytechnische scholen. In het licht van de hierboven vermelde oprichtingsdata van de Duitse polytechnische scholen en van het Giessense instituut is de conclusie onomkoombaar dat in 1825 alle ingrediënten in Duitsland aanwezig waren voor het ontstaan van de figuur van de beroepschemicus. De drie genoemde stellingen spelen dan ook een sleutelrol in de theorie die stelt dat de oprichting van de *École polytechnique* en de bloei van het Duitse laboratoriumonderwijs onder invloed van Liebig twee opeenvolgende stadia zijn in één universeel, wereldomspannend proces waarin de wetenschapsbeoefening werd geprofessionaliseerd - als waren het twee punten op dezelfde ontwikkelingslijn.<sup>4</sup> Volgens deze opvatting ging van het Parijse voorbeeld een van de belangrijkste impulsen tot het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland uit.

In de komende hoofdstukken zal ik laten zien dat er goede redenen zijn om zich de ontstaansgeschiedenis van het beroep van chemicus in Duitsland anders voor te stellen. Voordat mijn eigen verhaal over de ontwikkeling van het Duitse polytechnische scheikunde-onderwijs aan bod komt, acht ik het evenwel wenselijk om in het huidige hoofdstuk expliciet aandacht te besteden aan het chemische onderwijs aan de Parijse school en aan de invloed die dit had op het Duitse polytechnische onderwijsbestel. Op grond van de resultaten van recent historisch onderzoek zal ik de drie genoemde thesen kritisch evalueren en laten zien dat ze onjuist zijn. Zo kan er een aantal 'historiografische blokkades' opgeruimd worden die een goed begrip van de plaats van het chemische onderwijs aan de eerste Duitse polytechnische scholen in de weg zouden kunnen staan. Daarnaast heeft de behandeling van het chemische onderwijs aan de *École polytechnique* een betekenis voor het thema van dit boek die los staat van het debat over de drie genoemde cliché-voorstellingen. Door de overeenkomsten en verschillen tussen het Franse en het Duitse polytechnische onderwijs nader te analyseren, is het mogelijk het specifieke karakter van het chemische onderwijs aan de polytechnische scholen in het Duitse taalgebied beter tot zijn recht te laten komen. Aanwijzingen voor een eigensoortige ontwikkeling van het Duitse polytechnische onderwijs zijn reeds in het vorige hoofdstuk ter sprake gebracht. Verschillende (Zuid-) Duitse polytechnische scholen kwamen voort uit ontwikkelingen die gedurende het laatste kwart van de achttiende eeuw in Duitsland in gang waren gezet. Uitsluitend spreken over een ontwikkeling naar 'Frans model' is reeds om die reden een onaanvaardbare simplificatie. De overweging dat een zekere, nog nader aan te duiden beïnvloe-

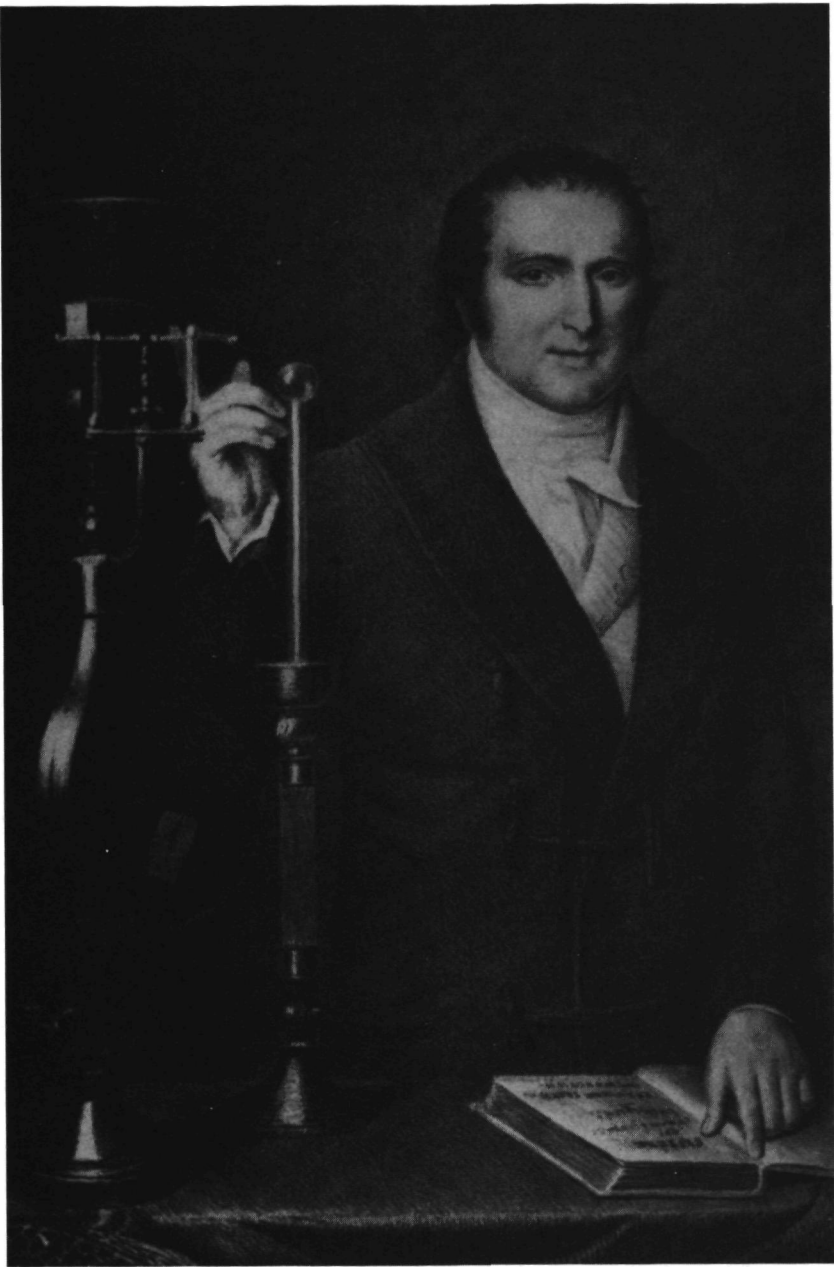
ding door het voorbeeld van de *École polytechnique* ook aanwezig was, doet daar niets aan af.

In dit hoofdstuk staat de kritische bespreking van de eerste twee stellingen centraal. Daartoe komen achtereenvolgens aan bod: de start en verdere ontwikkeling van het chemische onderwijs aan de *École polytechnique* (§§ 4.1 en 4.2), een bespreking van de betekenis van de school als opleidingsinstituut voor chemici (§ 4.3), en een evaluatie van de invloed van de school op het Duitse *polytechnische* onderwijs (§ 4.4). Over de als derde genoemde stelling wil ik slechts kort zijn. Gustin heeft in 1975 aangetoond - en Holmes heeft dit nogmaals onderstreept - dat Liebig zijn instituut in Giessen als een farmaceutisch-chemische school in de traditie van Trommsdorffs instituut beschouwde, niet als een imitatie van het chemische onderwijs aan de *École polytechnique*.<sup>5</sup> Op grond van dit recente onderzoek moet de tot voor kort gangbare visie dat de Parijse school via Liebig een grote invloed op de organisatie en de didactiek van het Duitse *universitaire* chemische onderwijs zou hebben uitgeoefend, dan ook als onhoudbaar worden beschouwd.

#### 4.1 Het karakter van het chemische onderwijs aan de *École polytechnique* in de eerste jaren na de oprichting (1794-1796)

Door de oorlogen met Pruisen, Oostenrijk, Engeland en de Republiek en de verdrijving van de oude militaire en politieke elite stond het revolutionaire regime in Frankrijk na 1792 voor de taak een groot aantal nieuwe officieren, ingenieurs en technici op te leiden. De oprichting van de *École centrale des Travaux publics* in september 1794 was een direct gevolg van deze behoefte aan jonge militaire en civiele ingenieurs. De eerste uitgewerkte plannen voor dit nieuwe instituut, die in augustus 1794 op schrift werden gesteld, waren afkomstig van twee docenten van de twee belangrijkste ingenieursscholen van het 'ancien régime': J.-E. Lamblardie (1747-1797), de kersverse directeur van de *École des Ponts et Chaussées* te Parijs, en G. Monge (1746-1818), reeds jaren hoogleraar wiskunde aan de *École du Génie militaire* te Mézières.<sup>6</sup> Beiden onderhielden nauwe banden met de leden van het *Comité de Salut public*, het hoogste uitvoerende politieke orgaan in die tijd.

Lamblardie en Monge kunnen model staan voor twee verschillende institutionele, wetenschappelijke en pedagogische tradities die in het nieuwe instituut samenkwamen. Lamblardie stond in de traditie van het Franse ingenieursonderwijs. Hoewel hij zeker niet terug wilde naar de ingenieursscholen van het 'ancien régime' en vele vernieuwingen wilde doorvoeren, was de op te richten *École centrale des Travaux publics* voor hem primair een school die voor deze oudere scholen in de plaats moest komen.<sup>7</sup> Monge huldigde een andere visie. Hij was



**Afb. 12:** Antoine-François (de) Fourcroy (1755-1809), een van de oprichters van de *École polytechnique* te Parijs en van 1794 tot zijn dood in 1809 hoogleraar in de chemie aan die instelling. De lithografie is gemaakt naar een schilderij van J.-L. David (1748-1825), de hofschilder van Napoleon (*Fotodienst KU Nijmegen*).

weliswaar zelf docent aan een ingenieursschool geweest, maar moet bovenal gezien worden als een aanhanger van radicale Verlichtingspedagogische denkbeelden die nu na de revolutie een kans konden krijgen. In zijn ogen moest de nieuwe school niet louter een ingenieursopleiding worden maar een gecombineerd scholingsinstituut voor ingenieurs, wetenschapsmensen, fabrikanten en, zelfs, ambachtslieden.

### *De oprichting van de school*

De directe aanleiding tot de oprichting van de *École polytechnique* vormde de ontmanteling van de veelal door de adel beheerste oude ingenieursopleidingen na de revolutie. Vanaf de herfst van 1793 was er sprake van een fusie van de civiele ingenieursopleiding aan de *École des Ponts et Chaussées* met de militaire ingenieursopleiding te Mézières. Deze ontwikkeling kwam in februari 1794 in een stroomversnelling toen de *École du Génie militaire* werd opgeheven en de *École des Ponts et Chaussées* werd omgezet in de *École nationale des Travaux publics*. Aan deze school kregen voortaan zowel de civiele als de militaire ingenieurs hun theoretische opleiding.

De nieuwe instelling die in Parijs uit de fusie van de twee ingenieursscholen was ontstaan kon uiteraard niet zondermeer in het voetspoor van de *École des Ponts et Chaussées* treden. De dubbele doelstelling eiste reeds een aanpassing van het curriculum, maar ook de wens van het Franse bewind om het aantal leerlingen in Parijs op te voeren van 60 tot meer dan 300 zorgde ervoor dat de gehele inrichting van het onderwijs, inclusief de materiële en ruimtelijke voorzieningen, opnieuw moest worden bezien. In maart 1794 stelde het *Comité de Salut public* dan ook een regeringscommissie in, die de taak kreeg de statuten en een plan voor de inrichting van de nieuwe school te ontwerpen. Uit de samenstelling van deze commissie blijkt dat het idee bij de Franse revolutionaire politici leefde om het technische onderwijs nogal radicaal te wijzigen. Met name chemici waren in deze voorbereidingscommissie sterker vertegenwoordigd dan in het geval van een klassieke ingenieursschool te verwachten zou zijn. Vijf van de negen commissieleden doceerden en publiceerden op het terrein van de chemie, terwijl twee andere leden via hun redacteurchap van de *Annales de Chimie* eveneens een sterke binding met dit vakgebied hadden.<sup>8</sup> Deze 'oververtegenwoordiging' van chemisch geschoolden wordt minder verwonderlijk als men zich realiseert dat de Franse overheid in dezelfde tijd spoedcursussen opzette om arbeiders en leidinggevend personeel te scholen in de salpeter-, buskruit- en munitiefabricage.<sup>9</sup> Vooral de chemicus A.F. Fourcroy (1755-1809), die dezelfde encyclopedistische en Verlichtingspedagogische denkbeelden huldigde als Monge, had een grote invloed op het uiteindelijke schoolplan.

Lamblardie koerste er als directeur van de *École nationale des Travaux publics* op aan dat het nieuwe instituut op de fundamenten van zijn eigen school gegrondvest zou worden en zijn school hierin zou opgaan. Deze opzet mislukte. Onder invloed van Monge en Fourcroy kwam er een encyclopedistisch curriculum uit de

bus, met een veel ruimere doelstelling dan Lamblardie voor ogen stond. Op de inhoud van het hierboven genoemde schoolplan van augustus 1794 had Monge in feite de grootste invloed gehad. Hij ontwierp de inhoudelijke hoofdlijnen van het nieuwe instituut en verklaarde de beschrijvende meetkunde en de chemie tot de twee hoofdpijlers van het onderwijs. Lamblardie beperkte zich tot de praktische uitwerking van dit plan wat betreft de huisvesting en de materiële voorzieningen.<sup>10</sup> De blauwdruk voor de nieuwe school (nu de *École centrale des Travaux publics* geheten) die Fourcroy op 28 september 1794 aan de Nationale Conventie voorlegde ging nog een stap verder in de encyclopedistische richting. De nieuwe *École centrale* werd hierin niet louter als de opvolger van de *École des Ponts et Chaussées* en de *École du Génie militaire* gepresenteerd, maar als de plaatsvervanger van alle hogere technische opleidingen van het 'ancien régime'. Zowel de bestaande militaire en civiele ingenieursopleidingen, als de mijnbouwacademie en de artillerieschool zouden gesloten worden en vervangen door één 'polyvalente' technische opleiding, welke zou voorbereiden op alle technische staatsberoepen en dienstvakken en, in een mindere mate, op wetenschappelijke functies en op technische functies in de particuliere nijverheid. Lamblardie, die het met een aantal voorstellen niet eens was, schikte zich uiteindelijk toch in de nieuwe situatie en werd tot de eerste directeur van de *École centrale des Travaux publics* benoemd.<sup>11</sup>

Monge en Fourcroy gingen uit van de revolutionaire gedachte dat door een grondige theoretische en praktische scholing in met name de beschrijvende meetkunde en de chemie, de basis voor alle technische beroepen kon worden gelegd. Terwijl de Duitse Verlichtingspedagogen hun vergelijkbare ideeën over een geïntegreerde aanpak van het theoretische en praktische onderwijs veelal trachtten te realiseren binnen de kaders van beroepsgerichte opleidingen, werd in de blauwdruk voor de *École centrale des Travaux publics* deze binding met specifieke beroepsterreinen radicaal verbroken.

In hun voorkeur voor 'aanschouwelijk' onderwijs putten de Franse revolutionairen en de Duitse filantropijnen uit dezelfde Verlichtingspedagogische bron. Laboratoriumonderwijs, tekenonderwijs en andere vormen van praktische scholing kwamen binnen het onderwijsprogramma van de nieuwe Parijse school centraal te staan. Invloeden vanuit het Duitse taalgebied ontbraken daarbij niet, want op het gebied van de chemie stond vooral het onderwijs model dat aan de Habsburgse mijnbouwakademie te Schemnitz gegeven werd. Fourcroy noemde bij zijn verdediging van de oprichtingsplannen van de *École centrale* in de *Convention Nationale* de studentenpractica in Schemnitz een groot succes en onderstreepte de noodzaak deze nieuwe onderwijsmethode ook in Frankrijk te introduceren.<sup>12</sup>

Op het gebied van de wiskunde en de ingenieursvakken speelde de door Monge ontwikkelde beschrijvende meetkunde en het daaraan gekoppelde tekenonderwijs een rol die vergelijkbaar was met die van het laboratoriumonderwijs op het gebied van de chemie. Met behulp van dit nieuwe deelterrein van de geometrie trachtte Monge een brug te slaan tussen het aanschouwelijke tekenonderwijs en de meer



abstracte wiskunde die gebruikt werd in bouwkundige en werktuigbouwkundige berekeningen.<sup>13</sup> Terwijl de chemie in de ogen van de oprichters van de school de veelzijdige, 'polyvalente', basiswetenschap was voor grote delen van de industriële nijverheid, de fabricage van munitie en voor de mijnbouw, gold hetzelfde voor de door Monge ontwikkelde projectie van driedimensionale objecten in het platte vlak. Dit was een basistechniek die overal in de ingenieurskunst zijn nut kon afwerpen, of het nu om het ontwerp van wegen, dijken, bruggen, machines of vestingwerken ging. De chemie en de beschrijvende meetkunde waren dan ook, gedurende de eerste jaren, de pijlers waarop het gehele lesprogramma rustte.<sup>14</sup>

Tabel 4.1: De docenten van de *École centrale des Travaux publics* per december 1794.

Leeropdracht	Instituteur	Adjunct
publieke werken	Lamblardie (tevens directeur)	
analyse en mechanica	Lagrange	Prony
kegelsneden	Monge	Hachette
architectuur	Delorme	Baltard
vestingwerken	Dobenheim	Martin de Campredon
fysica	Hassenfratz	Barruel
chemie, 1ste jaar	Fourcroy	Vauquelin
chemie, 2e jaar	Berthollet	Chaptal
chemie, 3e jaar	Guyton de Morveau	Pelletier
openbare hygiëne	Chaussier	
tekenen	Neveu	Meunier
tekenen		Lemire jr.
tekenen		Bosu

Bron: Kersaint, *Fourcroy*, 102-103.

Het hoofddoel van de nieuwe school was het opleiden van ingenieurs voor de overheidssdienst. Fourcroy en de andere oprichters brachten echter ook naar voren dat de veelzijdige driejarige opleiding die geboden werd van nut kon zijn voor de scholing van wetenschappers, leraren en industriëlen.<sup>15</sup> In de praktijk kwam van dit laatste, zoals hieronder nog zal blijken, maar weinig terecht.

Het onderwijs aan de *École centrale des Travaux publics* begon in december 1794 in de vorm van een intensieve, drie maanden durende 'cours révolutionnaire' waarin de via landelijke examens - en niet, zoals voorheen gebruikelijk was, op basis van hun afkomst - geselecteerde studenten voor de drie te starten klassen

werden klaargestoomd en in drie niveaugroepen ingedeeld. De officiële cursus ging in mei 1795 van start met 152 studenten in de laagste, 115 in de tweede en 115 in de derde klas. Op deze wijze wilde men er voor zorgen dat reeds in 1796 de eerste 'polyvalente' ingenieurs voor de verschillende staatskorpsen konden worden afgeleverd.

Deze studenten kregen les van een docentenkorps dat zijn weerga niet kende. De leraren die in 1794 werden benoemd hadden op het gebied van de fysica, de chemie en de wiskunde een Europese reputatie. Daarbij sprong de bezetting van de leerstoelen op het gebied van de chemie eruit, daar de drie meest vooraanstaande chemici van het land - Fourcroy, Berthollet en Guyton de Morveau - alle drie tot 'instituteur' werden benoemd.<sup>16</sup> Daarnaast stelde men Vauquelin, Chaptal en Pelletier, die hun sporen op het gebied van de chemie eveneens ruimschoots verdiend hadden, aan als 'instituteur-adjoint'. Deze dominante positie van de chemie in het schoolprogramma wordt bijzonder duidelijk als we de totale bezetting van de leerstoelen bezien (tabel 4.1). Deze stafbezetting was in goede overeenstemming met het aandeel van 25% dat de chemie in het curriculum had.<sup>17</sup> Het feit dat drie internationaal befaamde chemici aan een en hetzelfde instituut verbonden waren maakte veel indruk op verschillende buitenlanders die Parijs bezochten en op chemie-docenten in het buitenland. Aan de Duitse universiteiten bijvoorbeeld - en later ook aan de polytechnische scholen - was doorgaans slechts één hoogleraar met het onderwijs in de scheikunde belast. Deze diende in de meeste gevallen bovendien de mineralogie, de farmacie of de fysica te doceren.<sup>18</sup> Ook de omvang van het laboratoriumonderwijs aan de nieuwe school oogstte grote bewondering bij buitenlandse waarnemers.

### *Fourcroy's opvattingen over de didactiek van het chemische onderwijs*

Het onderwijsprogramma dat Fourcroy voor de nieuwe school ontworpen had voorzag in scheikundelessen in alle drie de schooljaren (vgl. tabel 4.1). In het eerste jaar gaf Fourcroy een college over de grondbeginselen van de chemie en over de chemie van zuren, basen en zouten. In het tweede jaar volgde de chemie van plantaardige en dierlijke substanties, gegeven door Berthollet. Een cursus chemische mineralogie (Guyton) stond in het derde jaar op het programma.<sup>19</sup> Tijdens deze colleges werden alle grondbeginselen en chemische feiten gedemonstreerd aan de hand van experimenten, die doorgaans door de 'instituteurs-adjoint' werden uitgevoerd.<sup>20</sup> De studenten zelf dienden alle vertoonde experimenten tijdens practica te herhalen, om zich zo de leerstof eigen te maken.

Het vertonen van experimenten in de collegezaal was gedurende de tweede helft van de achttiende eeuw overal in Europa een betrekkelijk gangbaar onderdeel van de chemische didactiek geworden. Dat practica zo'n centrale rol in het onderwijs speelden was echter een vernieuwing.<sup>21</sup> Aanvankelijk waren er 20 laboratoria gepland, één voor iedere 'brigade' van twintig studenten. Twee hele dagen per 'décade' (de republikeinse week van 10 dagen) dienden de studenten door te brengen in het laboratorium. Daarnaast zouden er nog drie laboratoria annex

collegezalen ('trois grandes salles contenant des fourneaux pour les amphithéâtres de chimie') voor de hoogleraren worden ingericht.<sup>22</sup>

In relatie tot de ontwikkeling van het chemische onderwijs in de negentiende eeuw, vooral de organisatie van studentenpractica door Liebig in Giessen, kan het gegeven dat men aan de *École polytechnique* twintig laboratoria voor studenten wenste in te richten gemakkelijk worden misverstaan. Niets lijkt aannemelijker dan de Parijse school als de grote voorloper te zien. Men ziet dan echter over het hoofd dat er een fundamenteel verschil was tussen de didactische denkbeelden van Fourcroy en die van de Duitse chemici uit het midden van de negentiende eeuw.

De practica aan de Parijse school waren, dat dient voor alles te worden opgemerkt, niet bedoeld om chemici op te leiden. Het onderwijs in de laboratoria was aanvankelijk voor alle studenten verplicht, of deze nu terecht kwamen in het (hoger) onderwijs, in de mijnbouw, in de civiele techniek of bij de artillerie. Evenmin was het, zoals bij Liebig, de bedoeling de studenten de methodiek van het (analytisch) chemisch onderzoek bij te brengen. Bij Fourcroy stond de inprenting, de herhaling van de collegestof centraal. Het laboratorium was voor alles een verlengstuk van de collegezaal, geen researchlaboratorium. De studenten moesten door eigen waarneming, maar vooral door zelf handelend op te treden, overtuigd raken van de juistheid van de voorgedragen chemische theorie.<sup>23</sup> In een verweerschrift tegen de nog te behandelen aanvallen van Laplace verwoordden de docenten van de school in 1797 hun didactische credo aldus:<sup>24</sup>

.. nous rappellerons que le principe général d'après les professeurs ont été guidés dans leurs leçons est qu'il ne faut pas seulement *montrer* une science pour la faire connaître, mais qu'il faut faire *exécuter* ses applications....en étudiant la chimie ils (d.w.z. de studenten) en font eux-mêmes, dès qu'ils sont assez instruits, les principales opérations. Les sciences sont les instruments qu'on leur met pour ainsi dire à la main et qu'on leur apprend à manier. Il est facile à voir que c'est la seule éducation qui convienne à des ingénieurs.

Het 'learning by doing' zoals dit sinds eeuwen in de ambachtelijke praktijk en binnen de ingenieurskorpsen had gefunctioneerd, was door Monge en Fourcroy binnen de muren van een onderwijsinstelling gehaald. Daarbij bestond er in hun denken eigenlijk geen scheidslijn tussen theorie en praktijk, noch tussen wetenschap en techniek. Beide dienden hand in hand te gaan, of, sterker, waren twee kanten van dezelfde medaille. Typerend is de hierboven vermelde stelling dat men de *wetenschap* leert door de *toepassingen* uit te voeren. Voor een juist begrip van deze frase is het essentieel Fourcroy's begrip 'application' nader te leren kennen.<sup>25</sup> Dit begrip had voor de achttiende-eeuwse encyclopedisten, evenals voor Fourcroy, een betekenis die nogal verschilt van de huidige, die in essentie uitgaat van een *hiërarchische* relatie tussen de theoretische kennis en de 'toepassingen' (of, vergelijkbaar, tussen wetenschap en techniek).<sup>26</sup>

Voor Fourcroy had het begrip 'toepassen' een ruime betekenis. Naast de toepassing van de chemie op de 'kunsten' (techniek/ nijverheid), was ook het verklaren van natuurverschijnselen met behulp van de chemische theorie voor hem een voorbeeld van het 'toepassen' van de chemie. Dit is een van de betekenissen

waarin de term 'applications' in het citaat wordt gebruikt.<sup>27</sup>

De betekenis van het begrip 'toepassen' bij Fourcroy was niet alleen ruimer dan tegenwoordig maar ook van een andere aard. Het 'toepassen' van de theorie had, zoals gezegd, minder de hiërarchische connotaties die deze uitdrukking nu heeft en diende ook een ander doel. Voor Fourcroy was het 'toepassen' van de theorie niet primair gericht op het vinden van technische innovaties. Hoofddoel was het begrijpen - het 'verlichten' - van de bestaande industriële praktijk. Fourcroy en de andere Franse encyclopedisten streefden naar een 'natuurlijke historie' van de bestaande nijverheid, door beschrijving en classificatie en door uitleg met behulp van natuurwetenschappelijke inzichten. Deze opvatting van Fourcroy kwam sterk overeen met de ideeën die de Duitse kameralistische technologen hadden over de rol die natuurwetenschappelijke kennis zou kunnen spelen in relatie tot de nationale nijverheid. Verbetering van de ambachtelijke praktijk werd in deze opvatting van Fourcroy en de Kameralisten niet uitgesloten en was zelfs het doel daar waar de ambachtsman door 'vooroordelen' van de verkeerde principes uitging. De notie dat wetenschappelijk, experimenteel onderzoek systematisch ingezet diende te worden om geheel nieuwe produkten en processen te vinden was echter zowel bij de Duitse kameralisten als bij de Franse encyclopedisten afwezig. Lavoisier had in de ogen van Fourcroy het fundament voor een chemisch systeem gelegd, dat door classificatie en beschrijving hoogstens nog in verschillende richtingen verder uitgewerkt diende te worden. Dit was het basisidee dat hij op zijn studenten overbracht.

Fourcroy's chemische leermethode kende vier bouwstenen: de 'theorie', de 'praktijk', de 'historie' en de 'toepassing'. Onder de 'theorie' verstond Fourcroy de presentatie van de belangrijkste feiten,<sup>28</sup> onder de 'praktijk' het experimentele bewijs van die feiten, onder de 'historie' de ontdekking van nieuwe feiten in de loop van de geschiedenis en onder de 'toepassing' de uitleg van de verschijnselen in de natuur en in de nijverheid met behulp van die belangrijke feiten (theorie). De 'toepassing' van de wetenschap, in deze zin begrepen, was dus voor Fourcroy een integraal onderdeel van de wetenschap zelf en niet een daar buiten staande activiteit.

De centrale rol die de practica in de beginjaren van de *École polytechnique* speelden dient zowel vanuit het Verlichtingspedagogische idee van de inschakeling van alle zintuigen in het leerproces, als vanuit deze achterliggende wetenschapsfilosofie begrepen te worden.<sup>29</sup> Hetzelfde geldt voor het aanvankelijke basisidee achter de *École polytechnique* als geheel. Deze moest een wetenschappelijk-technische school worden die opleidde voor alle takken van de natuurwetenschap en de techniek, waarbij het onderscheid tussen beide in feite was opgeheven.

De ambitieuze plannen van de oprichters van de school werden maar gedeeltelijk uitgevoerd. Vrijwel direct na de oprichting namen, zoals ik in de volgende paragraaf zal laten zien, tegenstanders van de didactiek van Monge en Fourcroy het woord, die hun denkbeelden grotendeels wisten te realiseren. Daarnaast zorgden de oorlogen die Frankrijk voerde voor grote tekorten in de staatskas en

daardoor voor bezuinigingen met betrekking tot de inrichting van de school. Door gebrek aan chemicaliën en laboratoriumapparatuur besloot men reeds in april 1795 niet twintig, maar slechts zes laboratoria voor studenten in te richten (twee per 'division'). Bovendien - en dat betekende een veel belangrijker concessie tegenover de didactische beginselen - liet men in 1795 aanvankelijk alleen de zogenaamde 'chefs de brigade' (gevorderde studenten) en enige andere studenten die al enige ervaring op chemisch gebied hadden, tot de laboratoria toe.<sup>30</sup> Op die wijze was het mogelijk enige studenten te trainen die in de tweede helft van 1795 en het begin van 1796 leiding konden geven aan de laboratoriumexperimenten van hun medestudenten. Twaalf van zulke 'aides de laboratoire' werden uiteindelijk aangesteld, gesuperviseerd door drie 'instructeurs-chimistes'.<sup>31</sup> Het is dan ook aannemelijk te veronderstellen dat in 1796 voor alle studenten van de *École polytechnique* het laboratoriumonderwijs een onderdeel van hun training vormde. Deze situatie was slechts van korte duur.

Na een aanvankelijke uitbreiding van het aantal laboratoria in 1795 en 1796 tot een aantal dat groter was dan zes, volgden er vanaf maart 1796, in samenhang met een reorganisatie in de opzet van de school, opnieuw bezuinigingen die het totale aantal laboratoria tot zes terugbrachten: drie voor de studenten (nu één per 'division') en drie voor de hoogleraren.<sup>32</sup> In december 1796 werd bij ministerieel besluit het aantal studentenlaboratoria tot twee gereduceerd, zodat het totale aantal op 5 kwam.<sup>33</sup> Als consequentie werd het praktisch onderwijs in de chemie in januari 1797 uit het eerstejaars programma geschrapt.<sup>34</sup> Hierdoor reduceerde het aandeel van de chemische vakken in het onderwijsprogramma van 25% tot 16% (tabel 4.2). Ook de onderwijsstaf werd ingekrompen. Toen de adjunct-hoogleraren Chaptal en Vauquelin tussen 1795 en 1798 om verschillende redenen de school verlieten en Pelletier in 1797 overleed, stelde men geen opvolgers voor hen aan. De 'instructeurs-chimistes' en de 'aides de laboratoire' werden eveneens in 1797 ontslagen.<sup>35</sup>

#### 4.2 De reorganisaties van de *École polytechnique* en de gevolgen voor het chemisch onderwijs (1796-1830)

De school die Monge en Fourcroy voor ogen hadden, heeft slechts een korte tijd bestaan. Financiële beperkingen en tegenwerking stonden niet alleen de voltooiing van hun plannen in de weg, maar zorgden er zelfs voor dat de didactische en onderwijspolitieke grondgedachten waarop de hele onderneming gebaseerd was, reeds na enkele jaren werden omgebogen. Zo ontstond een geheel andere *École polytechnique*.

### *Naar een École monoteknique*

Verzet van de zijde van de bestaande ingenieurskorpsen en de daarmee verbonden opleidingsscholen leidde reeds in de loop van 1795 tot een radicale wijziging van de positie van de nieuwe school binnen het Franse stelsel van technisch onderwijs. In tegenstelling tot eerdere plannen besloot de *Convention Nationale* de oude ingenieursscholen niet te sluiten.<sup>36</sup> In september 1795 veranderde men de naam *École centrale des Travaux publics* in *École polytechnique* en een maand later werd een voorstel aangenomen dat het onderwijs aan de bestaande gespecialiseerde ingenieursscholen regelde. In deze regeling van 22 oktober 1795 werd tevens de relatie tussen deze scholen en de *École polytechnique* vastgelegd. De *École polytechnique* kreeg voortaan de taak een voorbereidingsschool voor deze 'écoles spéciales' - of 'écoles d'application' - te zijn.<sup>37</sup>

Hoewel het onderwijsprogramma aanvankelijk nauwelijks veranderde werd daarmee in feite in oktober 1795 het centrale idee van Monge en Fourcroy dat een praktische en theoretische studie in de chemie en de wiskunde een leerling voor iedere tak van de techniek geschikt zou maken, alweer verlaten.<sup>38</sup> De school bood weliswaar nog steeds een 'polyvalente' basisopleiding, maar het onderwijs diende op de verschillende 'écoles d'application' te worden voortgezet. Dit moge slechts een subtiele verandering lijken, de gevolgen ervan waren verstrekkend.

In de eerste plaats leidde deze taakverdeling tussen de *École polytechnique* en de ingenieursscholen op termijn tot een scheiding tussen theorie en praktijk, waarbij de polytechnische school het theoretische onderwijs voor zijn rekening nam en de 'écoles spéciales' het praktische onderwijs. Praktisch gerichte ingenieursvakken als architectuur, vestingbouwkunde, openbare werken en beschrijvende meetkunde bleven op het rooster staan maar hun aandeel nam af van 50% in 1794 tot 27% na 1816.<sup>39</sup> Wat deze getallen niet laten zien, is de breuk in didactische opvattingen die plaatsvond. Het ideaal van de eenheid van theoretisch en praktisch onderwijs was om zeep gebracht en de pretentie dat de afgestudeerden van de *École polytechnique* direct in de beroepspraktijk bruikbaar zouden zijn eveneens.

In de tweede plaats betekende de nieuw ontstane situatie een inbreuk op de autonomie van de school en de docenten. Door de samenhang tussen basis- en vervolgopleiding kregen de oudere ingenieursscholen, en de daarmee verbonden ingenieurskorpsen, geleidelijk een steeds sterkere greep op het onderwijs aan de *École polytechnique*. Het genoemde reorganisatievoorstel van 22 oktober 1795 bevatte reeds een reeks bepalingen waarin de opleidingsduur aan de school afhankelijk gesteld werd van de toelatingseisen en -mogelijkheden van de verschillende 'écoles d'application'. Sommige groepen studenten konden met een eenjarige opleiding volstaan, andere met een tweejarige en alleen de studenten die geslaagd waren voor het toelatingsexamen van de *École du Génie militaire* of de *École des Ponts et Chaussées* mochten deelnemen aan het onderwijsprogramma van het derde jaar.<sup>40</sup>

Het eind 1794 vastgestelde onderwijsprogramma kon onder de gewijzigde omstandigheden niet hetzelfde blijven. In maart 1796 presenteerden Monge en Prieur een reorganisatieplan waarin een nieuw driejarig onderwijsprogramma was uitgewerkt dat nadrukkelijk de voorbereiding op het onderwijs aan de 'écoles spéciales' beoogde. Dit betekende een uitbreiding van de theoretische component van het onderwijs ten koste van de tijd besteed aan practica.<sup>41</sup> Ook de onderwijscapaciteiten van de 'écoles spéciales' en de *École polytechnique* werden na maart 1796 meer en meer op elkaar afgestemd.<sup>42</sup>

De grootste invloed op het onderwijs aan de *École polytechnique* verkregen de ingenieursscholen via de examinatoren, die op grond van het besluit van 22 oktober 1795 waren benoemd. De invloedrijkste onder hen was wel de wiskundige P.-S. Laplace (1749-1827), examinerator voor de *École d'Artillerie*, de *École des Ingénieurs de Vaissaux* en de *École des Ingénieurs géographes*. Vooral in zijn hoedanigheid als examinerator van de artillerieschool probeerde hij vanaf zijn benoeming in mei 1796 voortdurend veranderingen door te voeren in het wiskunde-onderwijs aan de *École polytechnique*.<sup>43</sup> Hij bepleitte een forse uitbreiding van het onderwijs in de theoretische mechanica en in de wiskundige analyse. Beide vakken waren van groot belang voor de theoretische ballistiek. De ideeën van Laplace op het gebied van de wiskunde stonden diametraal tegenover die van Monge. Tegenover Monges aanschouwelijke wiskunde-onderwijs benadrukte Laplace de waarde van een abstract axiomatische aanpak en een training van het formele denken.<sup>44</sup>

Langins heeft in haar onderzoek laten zien hoe het onderwijs aan de *École polytechnique* volledig van karakter veranderde in de twee decennia die volgden op de benoeming van Laplace als examinerator van de artillerieschool. Vooral onder het bewind van Napoleon kreeg de elitaire streng-wetenschappelijke benadering van Laplace de wind in de zeilen.<sup>45</sup> De invloed van de docentengroep rond Monge nam steeds verder af. In feite werd door twee reorganisaties die Napoleon in 1799 en 1804 doorvoerde, het pleit beslecht ten gunste van de door Laplace voorgestane aanpak. Deze herstructureringen brachten de studieduur voor alle groepen studenten terug tot twee jaar, maakten van de school een internaat waarin de studenten aan een militaire tucht waren onderworpen, zorgden voor een strakkere reglementering van de relatie tussen de school en de 'écoles spéciales' en introduceerden de bepaling dat studenten reeds bij hun toelating tot de *École polytechnique* dienden aan te geven voor welk ingenieurskorps zij opgeleid wensten te worden. Dit bracht de school volledig in de greep van de ingenieurs-korpsen. Van een rol in de bevordering van de nijverheid die de school in 1794 en 1795 door sommige oprichters was toebedacht kwam, zoals hieronder nog zal blijken, niets meer terecht.

De demilitarisering van de school na de val van Napoleon noopte tot een hernieuwde bezinning op de plaats van de school in het totale onderwijsstelsel en in de maatschappij. In opdracht van de koning zette Laplace in 1816 zijn didactische ideeën systematisch uiteen en ontwierp een nieuw schoolplan. Dit betekende

dat er voor het eerst sinds de oprichtingsgeschriften van Lamblardie, Monge, Prieur en Fourcroy weer een samenhangende visie geformuleerd werd op de maatschappelijke functie van de school en op de aan het onderwijs ten grondslag liggende principes. Grote nadruk legde Laplace op het theoretisch-wetenschappelijk fundament dat tijdens het onderwijs aan de *École polytechnique* gelegd diende te worden, waarbij hij zich nogmaals krachtig afzette tegen de inductivistische pedagogische ideeën van Monge. Laplace consolideerde de veranderingen die het onderwijsprogramma reeds onder het *Directoire* en onder Napoleon had ondergaan, maar voorzag deze - nu door de beëindiging van de oorlog de dominante rol van het artilleriekorps verdwenen was - van de algemene legitimatie dat in alle gevallen een theoretische studie aan de praktische scholing en toepassing vooraf diende te gaan.

Met de didactische principes uit de Jacobijnse periode werd zo definitief afgerekend. De denkbbeelden van Laplace betekenden immers niets minder dan een volledige omkering van encyclopedistische en Verlichtingspedagogische onderwijsfilosofie van Monge en Fourcroy met betrekking tot de verhouding tussen theorie en praktijk. Waar bij de laatsten de theoretische en praktische scholing hand in hand gingen, of in feite zelfs de theorie vanuit waarneming en (laboratorium)-handeling werd geleerd, plaatste Laplace de in zichzelf gesloten formele behandeling van de theoretische grondbeginselen voorop.

De ingenieurs van Monge en Fourcroy en de ingenieurs van Laplace waren in twee geheel verschillende betekenissen 'polytechnisch'. De eersten waren algemeen inzetbaar op grond van de brede toepasbaarheid van de vaardigheden die zij in het laboratorium en de tekenkamer hadden geleerd. De laatsten ontleenden hun 'polytechnische' status aan de algemene geldigheid van de wiskundige en natuurwetenschappelijke theorieën, die zij zich tijdens hun opleiding hadden eigen gemaakt. Daarbij speelde het onderwijs in de abstracte wiskunde zo'n overheersende rol dat Monges leerling Th. Olivier (1793-1853) schamper opmerkte dat Laplace van de school een 'École monoteknique' gemaakt had.<sup>46</sup>

### *Het chemische onderwijs, 1796-1804*

Het is begrijpelijk dat de verschillende reorganisaties die de *École polytechnique* tussen 1796 en 1816 onderging, gevolgen zouden hebben voor het onderwijs in de chemie. De veranderende didactische denkbbeelden en de financiële zorgen waarin de Franse staat verkeerde, versterkten elkaars negatieve effect op de omvang van de laboratoriumvoorzieningen en op het aandeel van het chemische practicum in het onderwijs.<sup>47</sup> Reeds tussen 1796 en 1799 nam het aantal lesuren dat aan de chemie en andere praktisch-gerichte vakken besteed werd aanzienlijk af. Laplace was daarbij de grote winnaar, want het aandeel van de mathematische fysica en de wiskundige analyse in het lesprogramma steeg van 8% in 1795 tot 26,5% in de periode daarna (tabel 4.2).



**Tabel 4.2:** *Het aandeel van verschillende vakken in het totale onderwijsprogramma van de École polytechnique, 1795-1827 (in % van het totale aantal lesuren).*

Onderwerp	1795	1796-1801	1806-1812	1818-1827
beschrijvende meetkunde en ingenieursvakken	50	40	29,5	27
wiskundige analyse en rationele mechanica	8	26,5	45	38
chemie	25	16	10,5	13

Bron: Hergroepering van gegevens uit Langins, 'The decline of chemistry', 7 (Table 2).

Niet alleen de omvang maar ook de inhoud van het chemisch onderwijs veranderde in de hier beschreven periode. Nadat (1796/99) de cursusduur teruggebracht was van drie naar twee jaar, was tot 1805 de inhoud van het onderwijs in de scheikunde als volgt.<sup>48</sup> In het eerste jaar gaf Fourcroy een college algemene chemie, bijgestaan door de in 1798 aangestelde 'répétiteur' L.-J. Thenard (1777-1857). Deze functie van 'répétiteur', die in 1798 op aandrang van de wiskundedocent Lagrange was gecreëerd, was in de plaats gekomen van de functies van 'instructeur-chimiste' en 'aide de laboratoire'. Voorafgaand aan ieder college van de professor, werd de stof van het vorige college door de 'répétiteur' herhaald. Een veelbetekenende wijziging in didactische denkbeelden want de 'inprenting' die Fourcroy via een combinatie van visuele en manuele activiteit in de laboratoria wilde bereiken, werd zo - voor het eerstejaars onderwijs althans - vervangen door een theoretische en auditieve aanpak.<sup>49</sup>

Guyton de Morveau volgde in het tweede jaar met een cursus over de chemische mineralogie, daarbij eveneens geassisteerd door een 'répétiteur'. Aan de colleges van de Guyton was een practicum gekoppeld, onder leiding van de 'préparateur-général' E.J.B. Bouillon-Lagrange (1764-1844), dat in het ene semester voor de helft van de studenten 4 uur per 'décade' (= 72 uur) omvatte en voor de andere helft van de studenten 10 uur. In het andere semester werden de rollen omgedraaid.<sup>50</sup> Op deze wijze kon nu voor het reguliere onderwijs met slechts één studentenlaboratorium worden volstaan.

De leeropdracht van de derde hoogleraar, Berthollet, was door de geleidelijke reducties van de studieduur van verschillende groepen studenten, steeds onduidelijker geworden. Na een reorganisatie van de school in 1797 kreeg hij de taak een speciale cursus op te zetten, gericht op de industriële- en praktische chemie.

Terwijl het onderwijsprogramma van Fourcroy uit 1794 juist gekenmerkt werd door het feit dat de studenten van alle beroepsrichtingen dezelfde theoretische en praktische chemische cursus dienden te volgen, zien we hier een van de vroegste

tekenen dat met die gedachte gebroken werd. Dit was vrijwel zeker een gevolg van de toenemende invloed van de ingenieursscholen op het reguliere chemische onderwijs dat in de eerste twee studie jaren gegeven werd. Voor aanstaande ingenieurs was de omvang van dat onderwijs voldoende, niet echter voor die studenten voor wie, vanwege een toekomstige functie in de nijverheid, een grondige praktische scholing in de chemie noodzakelijk was. Zulke studenten waren op de *École polytechnique* sterk in de minderheid.<sup>51</sup> Het feit dat voor die beperkte groep toch een afzonderlijke cursus werd opgezet kan mijns inziens geïnterpreteerd worden als een reactie van de docenten uit de oprichtingsfase - die een veel breder utilitarisme koesterden - op de pogingen vanuit de 'écoles spéciales' en de overheid om de school geheel ondergeschikt te maken aan de behoeften van de staat.<sup>52</sup>

Daar Berthollet in 1798 en 1799 Napoleon op diens veldtocht naar Egypte vergezelde, werd de nieuwe cursus de eerste jaren niet door hemzelf maar door Chaptal gegeven, die voor die gelegenheid teruggeroepen werd uit Montpellier. In zijn college behandelde Chaptal de 'toepassing van de chemie op de grootschalige produktie'. Excursies naar fabrieken maakten een onderdeel van de cursus uit en tijdens het praktikum bootsten de studenten de industriële processen op laboratoriumschaal na. Een kleinschalige glasfabriek, een oven voor aardewerk en een (kleine) lodenkamer voor de bereiding van zwavelzuur werden op de school ingericht om de studenten de werking van enige belangrijke industriën te tonen.<sup>53</sup> Deze aanpak van de industriële chemie, die gekenmerkt wordt door de imitatie op kleine schaal van de feitelijk plaatsvindende fabricageprocessen, was kenmerkend voor de encyclopedische didactiek van de eerste generatie chemie-docenten aan de Parijse school. Ondanks de bezuinigingen en de aanvallen van Laplace stelden de hoogleraren chemie omstreeks 1797 de aanschouwelijkheid van hun onderwijs nog voorop. Fourcroy vergeleek, sprekend over het practicum, de *École polytechnique* met een *fabrique* 'waarvan de studenten de arbeiders zijn' die zelf hun eigen chemicaliën maakten.<sup>54</sup> Practica als dat van Chaptal leken sterk op de 'technologische' chemische practica die later, in het voetspoor van Beckmann, Hermbstaedt en de Verlichtingspedagogen, aan de Duitse polytechnische scholen zouden worden ingevoerd.<sup>55</sup>

De terugkeer van Berthollet aan de school luidde reeds de eerste veranderingen in. In vergelijking tot het onderwijs van Chaptal was de cursus die Berthollet vanaf 1799 gaf over de 'chimie végétale et animale appliquée aux arts' en over de 'chimie pratique' minder encyclopedisch en aanschouwelijk. Een veel analytischer en theoretischer benadering stond bij hem voorop. Dit kwam tot uitdrukking in de naam die Berthollet vanaf 1802 aan zijn cursus gaf. Voortaan heette zijn facultatieve collegereeks een 'cours de perfectionnement de chimie' te zijn, die voortbouwde op het onderwijs van de eerste twee studie jaren. Hierin behandelde Berthollet zijn nieuwe denkbeelden op het gebied van de chemische affiniteit. De verschillende industriële toepassingen van de chemie werden overigens niet vergeeten. Een practicum voor gevorderden bleef met de cursus verbonden.

De cursus van Berthollet werd slechts door een klein deel van de studenten

bezocht, waarschijnlijk alleen door de weinige studenten die individueel toestemming kregen nog een derde studiejaar op de school door te brengen.<sup>56</sup> Terwijl de betekenis van het onderwijs van Berthollet gering was voor de groep van 'polytechniciens' als geheel, hadden enkele bekende chemici hun wetenschappelijke vorming aan zijn lessen te danken. Hieronder was de beroemdste chemicus die de *École polytechnique* heeft voortgebracht: J.-L. Gay-Lussac (1778-1850), die later zelf hoogleraar werd aan de school.<sup>57</sup>

De opzet van het chemische onderwijs, zoals omstreeks 1797/98 ingevoerd, onderging in 1804 opnieuw een wijziging door de door Napoleon doorgezette militarisering van de school. Onderdelen die geen directe relevantie voor de reguliere ingenieursopleiding hadden, werden voortaan niet meer gegeven. Hieronder was uiteraard de facultatieve cursus van Berthollet. Hijzelf verliet in 1805 de school. Ook de functie van de practicumleider Bouillon-Lagrange overleefde de reorganisatie niet. Zo resteerde een in vergelijking tot 1796 zeer beperkte staf van twee hoogleraren en twee 'répétiteurs'. In 1810 volgde Gay-Lussac Fourcroy op als professor algemene chemie en een jaar later werd Guyton opgevolgd door Thenard. Gedurende bijna drie decennia zou dit tweetal professoren het scheikunde-onderwijs aan de *École polytechnique* bepalen.

### *Het chemische onderwijs, 1805-1830*

Na de verhuizing van de school naar het *Collège de Navarre* in november 1805 - toen de school een internaat werd en de leerlingen kadetten - richtte men slechts twee chemische laboratoria in. De inrichting van beide laboratoria bleef ook onder het bewind van Thenard en Gay-Lussac tot het einde van de jaren 1820 gebrekkig. Soms was, door onvoldoende ventilatie of andere onvolkomenheden, slechts één laboratorium in bedrijf.<sup>58</sup>

De praktische cursus bleef, evenals vóór de verhuizing van de school, alleen voor de tweedejaars studenten bestemd. De oogmerken van de cursus waren bescheidener dan tijdens de eerste twee jaar van de school. Binnen de toegemeten tijd van zes à zeven uur per week achtte Guyton het niet meer mogelijk zijn leerlingen tot ervaren 'laboratoriumchemici' te scholen. Zeker niet nu na het vertrek van Bouillon-Lagrange een ervaren practicumleider ontbrak. Het doel van de praktische cursus bleef voortaan beperkt tot het bijbrengen van de eerste beginselen van de 'chemische manipuleerkunst'. Fourcroy's basisgedachte dat er een nauwe samenhang tussen het college en het practicum diende te bestaan werd daarbij door Guyton niet verlaten. De door de studenten uit te voeren experimenten illustreerden verschillende onderdelen van de collegestof.<sup>59</sup> Ook het nabootsen van industriële processen kwam daarbij in bescheiden mate aan bod. Na het vertrek van Berthollet integreerde Guyton bepaalde onderdelen uit diens cursus in het algemene practicum voor tweedejaars studenten.<sup>60</sup>

De opzet van het chemisch onderwijs bleef vanaf 1805 gedurende vrijwel de gehele eerste helft van de negentiende eeuw ongewijzigd. In het eerste jaar gaven Fourcroy en diens opvolger Gay-Lussac de algemene chemie en in het tweede jaar

**Tabel 4.3:** De beroepssectoren waarin de afgestudeerden van de École polytechnique terecht kwamen, 1794-1829 (in % van het totale aantal afgestudeerden).

Beroepssector	1794-1804	1804-1815	1815-1829
artilleriekorps	42	61	25
overige militaire ingenieurskorpsen <sup>1</sup>	20	17	31
civiele ingenieurskorpsen <sup>2</sup>	20	13	27
overig	18	9	17

1 = voornamelijk het *Corps du Génie militaire*.

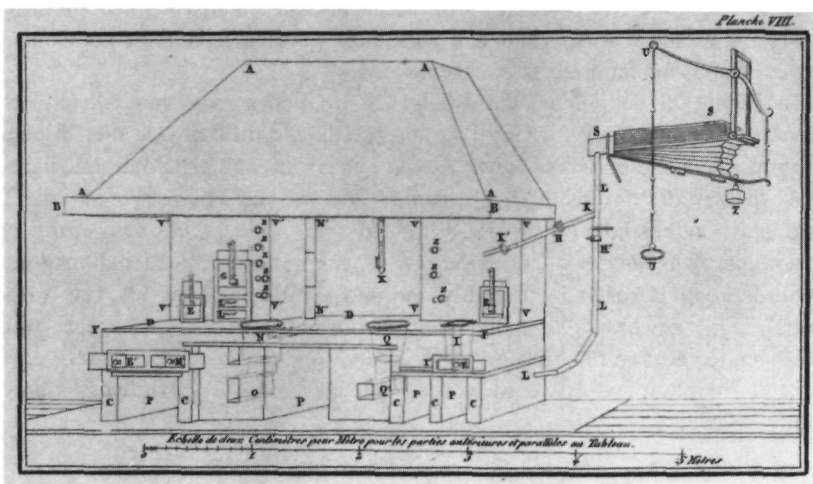
2 = voornamelijk het *Corps des Ponts et Chaussées*.

De categorie 'overig' omvat: wetenschappers, ambtenaren die niet tot een ingenieurskorps behoorden, leraren en industriëlen.

Bron: Een onderzoek van Shinn naar de latere beroepen van 7000 van de 21000 leerlingen die tussen 1794 en 1914 aan de school studeerden. Zie Shinn, *Savoir scientifique*, 22, 29 en 36-37.

doceerden Guyton en zijn opvolger Thenard de technische chemie ('chimie appliquée aux arts'), verbonden met het practicum. Hoogstens werden door de reorganisatie onder Laplace (1816) de mogelijkheden tot het geven van praktisch laboratoriumonderwijs nog verder ingekrompen. Terwijl de theoretische chemie meer tijd toegemeten kreeg, resteerde in de jaren 1820 voor het practicum ongeveer 3 uur per week.<sup>61</sup> Binnen dit zeer beperkte kader werd de Verlichtingspedagogische erfenis niet geheel verlaten. De door Fourcroy en Guyton ingevoerde eenheid van theoretisch en praktisch onderwijs handhaafde Thenard zo goed en zo kwaad als dat kon, want in een rapport uit 1820 is er sprake van 'le cours des manipulations chimique, *dépendant* du cours de chimie appliquée aux arts'.<sup>62</sup> Ook uit de titel en inhoud van Thenards succesvolle leerboek kwam deze geïntegreerde aanpak naar voren. Zijn *Traité de chimie élémentaire théorique et pratique*, waarvan de eerste druk tussen 1813 en 1816 verscheen, bevatte een uitvoerig onderdeel over de analytische chemie en een groot aantal afbeeldingen van laboratoriumapparatuur en proefopstellingen.<sup>63</sup>

Dit mag niet verhelen dat het praktische onderwijs zowel qua doelstellingen als qua omvang in weinig meer leek op de oorspronkelijke plannen van Fourcroy. Het centrale didactische uitgangspunt dat het practicum een onmisbaar onderdeel van het chemische onderwijs was dat tot doel had het proces van kennisverwerving te ondersteunen, was in feite reeds in 1797 van tafel geveegd toen het bij het eerstejaars college horende practicum was geschrapt.<sup>64</sup> Slechts drie uur practicum per week kwam in de plaats voor de twee hele dagen praktisch onderwijs per negen schooldagen ('décade') die voorzien waren. Van de in revolutionaire



Laboratoire.

**Afb. 13:** Totdat omstreeks 1850 de door R.W. Bunsen ontwikkelde gasbrander in algemeen gebruik kwam bleven ovens een essentieel onderdeel van de technisch-chemische laboratoria. Louis-Jacques Thenard (1777-1857) nam in zijn *Traité élémentaire théorique et pratique* (8ste druk, 1829-1830) een afbeelding van een 'ideale oven' op, met aanwijzingen hoe deze in te richten en te gebruiken (*Fotodienst KU Nijmegen*).

**Afb. 14:** Op deze negentiende eeuwse gravure van het laboratorium van de *École polytechnique* (Musée Carnavalet te Parijs) is te zien dat details betreffende de constructie van de ovens overeenstemmen met de voorschriften van Thenard. De tafel in het midden van de zaal kon voor analytisch-chemisch onderzoek worden gebruikt (*Cliché photothèque des musées de la Ville de Paris*, © by SPADEM 1992).

overmoed geplande 'polyvalente' wetenschappelijk-technische school met 20 chemische laboratoria was slechts een wiskundig georiënteerde ingenieursopleiding met twee chemische laboratoria overgebleven.

Toen Liebig in de winter van 1823-1824 op voorspraak van Alexander von Humboldt in de leer ging bij Gay-Lussac, geschiedde dit dan ook niet in een van de laboratoria aan de *École polytechnique*, maar in het privé-laboratorium van Gay-Lussac bij diens huis in het *Arsenal*. Dit was een dienstwoning die Gay-Lussac bewoonde sinds hij in 1818 tot lid van het *Comité consultatif de la Direction générale des Poudres et Salpêtres* was benoemd.<sup>65</sup> Liebig mag dan in de woorden van Crosland 'probably the most influential of all Gay-Lussac's students' zijn geweest, hij was tevens slechts een van de zeer weinige research-studenten van de Franse chemicus en - anders dan in de oudere chemie-historische literatuur wel beweerd wordt - student aan de *École polytechnique* was hij niet.

### 4.3 De *École polytechnique* als opleiding voor chemici

De hierboven weergegeven geschiedenis van de Parijse polytechnische school tussen 1794 en 1830 vormt een goede basis voor een discussie van de in de inleiding genoemde thesen uit de historische literatuur. In deze paragraaf bespreek ik de stelling dat de *École polytechnique* een school was waar leerlingen systematisch tot chemici konden worden geschoold. In de volgende paragraaf komt dan de stelling dat het Parijse instituut 'het model' voor de Duitse polytechnische scholen vormde, aan bod. Als één zaak op grond van bovenstaande beschouwingen geconcludeerd kan worden, dan is het wel dat de *École polytechnique* in haar formele doelstellingen, organisatie en inrichting nooit een opleidingsinstituut voor chemici is geweest. Reeds de eerste plannen van Lamblardie en Monge waren primair gericht op het verbeteren van de opleiding van staatsingenieurs. Na de reorganisatie van oktober 1795 nam deze gerichtheid op de behoeften van militaire en civiele ingenieurskorpsen alleen nog maar verder toe.

Hoe dominant de invloed van de staatssector was op het onderwijs en op de beroepsperspectieven van de leerlingen, heeft vooral het betrekkelijk recente onderzoek van Bradley en Shinn laten zien. De laatste verrichtte een prosopografisch onderzoek naar de sociale achtergronden en beroepscarrières van 7000 van de 21000 leerlingen die tussen 1794 en 1914 aan de school studeerden. De resultaten die betrekking hebben op de door mij behandelde periode heb ik samengevat in tabel 4.3. Duidelijk blijkt hieruit dat reeds direct vanaf de oprichting de overgrote meerderheid van de leerlingen zijn emplooi in de staatssector vond. De effecten van de verschillende reorganisaties van de school zijn uit de tabel goed af te lezen. Onder Napoleon kwam meer dan de helft van de leerlingen bij de artillerie terecht. Na de demilitarisering in 1816 ging een groeiend aantal leerlingen naar het *Corps des Ponts et Chaussées*. Onder de afgestudeerden die

niet bij een ingenieurskorps terecht kwamen bevonden zich overigens nog velen die - als leraar, als 'administrateur', of als ambtenaar op een ministerie - voor de Franse overheid werkten. De groei na 1815 van de categorie 'overig' uit tabel 4.3 mag dan ook niet gezien worden als een aanwijzing voor een toenemend belang van de *École polytechnique* voor de Franse nijverheid. Waarschijnlijk was zelfs het tegendeel het geval.<sup>66</sup>

Daar er zodoende geen twijfel over kan bestaan dat de *École polytechnique* voor alles een opleidingsinstituut voor ingenieurs en artillerie-officieren was, resteert hoogstens de vraag of zich in de marge van dit instituut niet een cursus voor toekomstige chemici bevond. Richten we de aandacht op het reguliere studieprogramma, dan moet ook het antwoord op die vraag ontkennend luiden. Alleen in de facultatieve, kortlevende cursus van Chaptal en Berthollet werd enig chemisch onderwijs voor gevorderden geboden.

Degenen die de *École polytechnique* als een leerschool voor chemici hebben voorgesteld, hadden echter doorgaans niet deze specialistische cursus op het oog, maar het grote aandeel van de practica in het reguliere onderwijs en het grote aantal geplande laboratoria. Men vergeet dan dat de bloeiperiode van de chemie aan de school slechts van zeer korte duur was (1794-1797), maar vooral dat in de didactische opvattingen van iemand als Fourcroy in het geheel geen plaats was voor de (technisch-)chemische specialist. In § 4.1 heb ik laten zien dat de practica ingevoerd werden omdat ze een onmisbaar onderdeel vormden van de Verlichtingspedagogische didactiek. Van een 'Bildungsstätte für den technischen Chemiker', zoals door Fester is beweerd, was geen sprake.<sup>67</sup>

Het conceptuele onderscheid tussen de professionele chemicus aan de ene kant en ambachtslieden en fabrikanten aan de andere kant - dat later zo'n belangrijke rol zou spelen in de debatten over de organisatie van het Duitse polytechnische onderwijs<sup>68</sup> - ontbrak in het verlichte sociale en pedagogische denken van de eerste generatie chemie-docenten van de Parijse polytechnische school. Bijzonder duidelijk vinden we dit verwoord door Chaptal:<sup>69</sup>

La seule différence qui existe entre l'artiste qu'on appelle *praticien* et le savant qu'on nomme *théoricien* c'est que le premier a commencé par la pratique et est parvenu, par la seule observation, et la comparaison des faits à se créer une théorie; tandis que le second est arrivé à la pratique par l'application calculée des résultats de l'expérience. [...] Ainsi cette fameuse ligne de démarcation qu'on a voulu tracer entre l'artiste et le savant n'existe pas...

Pas nadat het elitistische denken van wiskundigen als Laplace onder het bewind van Napoleon de overhand had gekregen kwamen de wetenschapper en de ambachtsman weer als categorieën tegenover elkaar te staan.<sup>70</sup> Tegelijk werd het chemische onderwijs voor gevorderden, dat ook voor de Franse nijverheid van nut had kunnen zijn, van de *École polytechnique* verdrongen, zoals de geschiedenis van het onderwijs van Chaptal en Berthollet heeft laten zien. De idealistische poging een volledig geïntegreerde theoretische en praktische chemische cursus op te zetten was mislukt.

Terwijl het onderwijs op de *École polytechnique* steeds theoretischer werd verlegde Chaptal zijn aandacht naar het opzetten van specifieke beroepsgerichte praktische cursussen buiten de polytechnische school. Na de terugkeer van Berthollet uit Egypte werd Chaptal in 1799 tot staatsraad benoemd. In die hoedanigheid lanceerde hij in 1800 een plan voor de oprichting van verschillende 'écoles spéciales des arts mécaniques et chimiques', bestemd om de leemte op te vullen die na de afschaffing van de gilden was ontstaan. Op het gebied van de chemie stelde hij de oprichting van een viertal speciale praktische scholen voor, alle bedoeld om verlichte fabrikanten ('fabricans éclairés') en ambachtslieden op te leiden: een 'école de teinture et de préparations animale' te Lyon, een 'école des travaux métalliques' in Parijs en in andere plaatsen, een 'école de poterie et de verrerie' te Sèvres, en een 'école d'halotechnie et de distillation' te Montpellier.<sup>71</sup> Voor zover mij bekend, is er van geen van deze plannen iets geworden.

Wel succesvol waren Chaptals voorstellen op het gebied van de mechanische technologie. Aan het reeds bestaande *Conservatoire des Arts et Métiers* verbond men een tekenschool en een school voor de katoenspinnerij, waarvan de eerste een bloeiend bestaan kende terwijl de laatste de na 1810 inzettende economische crisis niet overleefde.<sup>72</sup> Het onderwijs aan het *Conservatoire des Arts et Métiers* werd, voor zover het voor volwassen ambachtslieden bestemd was, gedeeltelijk in de vorm van avond- en zondagonderwijs gegeven. Daarnaast kwam het in 1806 en 1811 tot de oprichting van twee 'écoles des arts et métiers' te Châlons en Angers, bestemd voor jonge handwerksleerlingen.<sup>73</sup>

Zo groeide in Frankrijk de kloof tussen het theoretische, hoger technisch onderwijs dat uitsluitend gericht was op de technische staatsfuncties en een op een veel lager plan staand praktisch-gericht technisch onderwijs bestemd voor de nijverheid. Het door de oprichters van de *École polytechnique* in hun plannen mede geïmpliceerde hogere technische onderwijs voor functies in de nijverheid kwam van overheidswege niet tot stand. De oorzaak daarvan was niet alleen de tegenwerking van de ingenieurs, maar ook het feit dat er omstreeks 1800 binnen de nijverheid - zoals Chaptal zelf naar voren bracht - een veel grotere behoefte was aan specifieke beroepsgerichte cursussen dan aan een algemene theoretische en praktische 'école de chimie'.<sup>74</sup> Pas in 1829 werd door initiatief van particuliere zijde deze leemte in het Franse stelsel van technisch onderwijs opgevuld. De wiskundige Th. Olivier en de chemicus J.-B. Dumas (1800-1884), die 'répétiteur' aan de *École polytechnique* was geweest, richtten samen met enkele anderen in Parijs een privé-instituut op dat bestemd was voor de opleiding van fabrikanten en voor hogere functies in de nijverheid. In de ogen van de oprichters van deze *École centrale des Arts et Manufactures* vormde de school het burgerlijke antwoord op de geheel aan de staatsraison ondergeschikt gemaakte Parijse polytechnische school.<sup>75</sup> Zonder de naam polytechnische school te dragen ontstond er zo ook in Parijs een school die in verschillende opzichten met de Duitse polytechnische scholen vergelijkbaar was en die, zoals in het hoofdstuk 7 zal blijken, een opvatting over de maatschappelijke rol van de ingenieur belichaamde die omstreeks 1830 ook in Duitsland van invloed werd.



#### 4.4 De *École polytechnique* als 'model' voor het Duitse polytechnische onderwijs

Nijverheidsbevordering, verbetering van de ambachtelijke en industriële techniek, verbreiding van nieuwe wetenschappelijke en technische ontdekkingen en het geven van een gedegen 'wetenschappelijke' scholing aan handwerkslieden en fabrikanten vormden de belangrijkste drijfveren om in Duitsland polytechnische scholen op te richten.<sup>76</sup> Deze scholen waren dan ook bedoeld voor geheel andere beroepen en bedrijfstakken dan de Parijse *École polytechnique*. Sommige van de Duitse polytechnische scholen - bijvoorbeeld die te Augsburg (1831), Berlijn (1821) en Neurenberg (1822) - waren zelfs uitsluitend gericht op de opleiding van fabrikanten en technisch geschoold personeel voor de nijverheid. Andere polytechnische scholen - waaronder die in Praag (1803), Wenen (1815) en Karlsruhe (1825) - boden zowel onderwijs voor de nijverheidsberoepen, als speciale klassen voor civiele en, soms ook, militaire ingenieurs.<sup>77</sup>

Op vrijwel alle fronten kunnen er verschillen aangewezen worden tussen de Duitse en Oostenrijkse polytechnische scholen en de *École polytechnique*. Terwijl het Parijse instituut voor de periode na 1816 gekarakteriseerd kan worden als een wiskundige voorbereidingsschool voor toekomstige staatstechnici, waar een haast militaire schooltucht heerste, geldt voor de Duitstalige scholen vrijwel het tegenovergestelde. Verschillende scholen boden populair-wetenschappelijk eindonderwijs voor de nijverheidsberoepen, waarbij er een grote vrijheid was in de keuze van het te volgen onderwijs. Let men op de structuur van het technische onderwijs als geheel - met in Frankrijk een voorbereidende polytechnische school en (na 1795) daarop voortbouwende onafhankelijke 'écoles spéciales' - dan is het helemaal duidelijk dat het Franse 'model' door geen enkele Duitse staat werd overgenomen. In de recente literatuur worden deze verschillen tussen het Duitse polytechnische onderwijs en het Franse 'voorbeeld' steeds vaker onderkend.<sup>78</sup>

Dat wil niet zeggen dat het idee dat de *École polytechnique* de Duitse scholen tot voorbeeld diende geheel ongegrond is. Daarvoor werd er in de negentiende eeuw in Duitse en Oostenrijkse debatten over het onderwijs te vaak verwezen naar de school in Parijs en zijn er teveel voorbeelden van specifieke elementen van het Parijse onderwijs die werden overgenomen. Wel wil het zeggen dat ieder die de doelstellingen en het onderwijs van de Franse polytechnische school in hun totaliteit met die van de Duitstalige tegenhangers vergelijkt tot de conclusie zal komen dat aan de veelgebruikte term 'model' in dit geval geen preciese inhoud gegeven kan worden. Men kan hier een parallel trekken met de diffusie van innovaties, waarbij bij het gebruik van een bepaalde innovatie in een nieuwe organisatorische en technische context steeds verschillende onderdelen van het oorspronkelijke ontwerp aan de nieuwe omstandigheden dienen te worden aangepast.<sup>79</sup> In deze termen bezien, is mijn conclusie dat het aantal 'aanpassingen' dat door de Duitse onderwijs politici en leraren werd doorgevoerd zo groot was dat vrijwel iedere gelijkenis met het oorspronkelijke Parijse 'ontwerp'

verdween. Het meest radicaal - en niet zonder overdrijving - werd dit in 1825 door J.J. Prechtl geformuleerd, toen hij met betrekking tot de door hem geleide Weense polytechnische school stelde dat die 'von der Polytechnischen Schule in Paris ... nur den Namen entlehnt [hatte]'.<sup>80</sup>

Op grond van het hierboven weergegeven werk van Bradley, Shinn en Langins is er nog een reden om grote vraagtekens te plaatsen bij de stelling dat de Duitse polytechnische scholen naar het voorbeeld van de *École polytechnique* werden opgericht. Duidelijk is nu immers dat de Parijse school tussen 1794 en 1830 grote interne veranderingen doormaakte. Over welk 'model' heeft men het als de navolging van de Parijse school door de Duitse instellingen aan de orde is? Over de school van Monge en Fourcroy, of over de school van Napoleon en Laplace? In de literatuur over de Duitse polytechnische scholen wordt dit probleem niet onderkend, laat staan geanalyseerd. De in de inleiding van dit hoofdstuk genoemde these die stelt dat de Duitse scholen naar Parijs voorbeeld werden opgericht, is in de zin waarop die stelling door de daar aangehaalde auteurs gebruikt wordt zonder meer onjuist. Het Parijse 'model' is meerzinnig, de Duitse polytechnische scholen vertonen een enorme diversiteit (hoofdstuk 6) en de 'match' tussen beide slecht gedefinieerde grootheden ontbreekt.<sup>81</sup>

Dat de *École polytechnique* niet in de letterlijke zin 'model' stond voor de Duitse polytechnische scholen wil niet zeggen dat er geen parallellen tussen de ontwikkeling van de Parijse polytechnische school en de corresponderende Duitstalige onderwijsinstellingen zouden zijn, noch dat er geen invloeden vanuit Parijs in Duitsland te bespeuren zouden zijn. In de voorafgaande paragrafen heb ik reeds op verschillende overeenkomsten gewezen tussen de ideeën van mensen als Monge, Chaptal en Fourcroy en het gedachtengoed van de Duitse filantropijnen dat aan de oprichting van de Duitse polytechnische scholen ten grondslag lag.<sup>82</sup> De Verlichtingspedagogiek was van invloed op de organisatie en didactiek van zowel de Duitse polytechnische scholen als van de *École polytechnique*.

De parallellie van de ontwikkelingen in Frankrijk en Duitsland gaat evenwel verder. Net als de Parijse polytechnische school, maakten ook de Duitse instellingen voor hoger technisch onderwijs een grote interne verandering door. Terwijl aan de *École polytechnique* de overgang van een encyclopedistische en op aanschouwelijkheid gerichte didactiek naar een onderwijssysteem gebaseerd op theoretische en formele scholing reeds tussen 1797 en 1816 zijn beslag kreeg, vond de corresponderende overgang aan de Duitse polytechnische scholen later plaats. Pas na 1830 begon een op de training van het formele denken gerichte neohumanistische pedagogiek de aanvankelijke filantropijnse 'Realbildung' te verdringen. Evenals in Frankrijk leidde dit tot een toenemende sociale exclusiviteit van het polytechnische onderwijs. Ambachtslieden, voor wie de polytechnische scholen aanvankelijk ook bedoeld waren, werden van deze scholen verdreven.<sup>83</sup>

Hoewel de overeenkomsten tussen de Duitse polytechnische scholen en het Parijse polytechnische instituut voor een groot deel te herleiden zijn tot bredere, landsgrenzen overstijgende ideologieën met betrekking tot de verhouding van

wetenschap en techniek - en de verschillen tot verschillen in sociale en politieke structuur en tot verschillen in de aard van het industrialisatieproces<sup>84</sup> - zou het onjuist zijn te beweren dat het voorbeeld van de *École polytechnique* in Duitsland zonder invloed was. Verschillende groepen en personen bedienden zich van de naam en de faam van de Parijse school in hun pogen om veranderingen door te voeren in het Duitse (technische) onderwijs. Hoogstens in die retorische zin - als 'wapen' in de strijd om bepaalde doelen te realiseren - kan men aan de term 'model' in dit verband een reële historische betekenis toekennen.<sup>85</sup> Het was vooral na 1830 dat de tweede generatie leraren aan de Duitse polytechnische scholen in hun streven naar verwetenschappelijking van de techniek en professionalisering van het ingenieursberoep, beweerden dat hun scholen naar het voorbeeld van de prestigieuze Parijse school waren ingericht.<sup>86</sup> De geschriften van deze ingenieurs zijn door latere geschiedschrijvers als bron gebruikt en hebben hun sporen in de historiografie van het Duitse technische onderwijs duidelijk nagelaten.

De feitelijke doorwerking van het Parijse 'voorbeeld' op de Duitse onderwijspraktijk was evenwel niet groot. Initiatieven, veelal na 1816 ondernomen, om in Duitsland wiskundig georiënteerde polytechnische scholen te stichten die veel gemeen hadden met de Parijse school, mislukten vrijwel geheel. Slechts bepaalde specifieke onderdelen van het onderwijs aan de Parijse school werden, niet alleen op het gebied van de wiskunde maar ook op dat van de chemie, door diverse Duitse polytechnische scholen overgenomen.

In Baden, Württemberg en Pruisen waren het vooral legerofficieren en wiskundigen die ijverden voor de oprichting van scholen naar Frans model. Baden, dat als bondgenoot van de Fransen in de eerste jaren van de negentiende eeuw forse gebiedsuitbreidingen had ondergaan, liep daarbij voorop. De chef van de Badense hoofddirectie voor de weg- en waterbouw, majoor J.G. Tulla, richtte in 1807 in Karlsruhe een *Ingenieurschule* op, bestemd voor de toekomstige civiele ingenieurs van de onder zijn leiding staande dienst. Het onderwijsprogramma van deze school had een sterk mathematische inslag, waarbij de didactische denkbeelden van Monge richtinggevend waren.<sup>87</sup> Daarnaast bestond er in Karlsruhe sinds 1800 een particuliere *Bauschule*, waar architecten en bouwkundig ingenieurs voor zowel de overheid als voor de private sector werden opgeleid.

Plannen uit 1808 om deze scholen samen te voegen tot een 'polytechnische Lehranstalt', met een uitgebreider lesprogramma op chemisch en mechanisch gebied, werden niet gerealiseerd.<sup>88</sup> Pas in 1825 volgde in Karlsruhe uiteindelijk de oprichting van een polytechnische school. De organisatie van deze instelling week op verschillende punten af van die van de Parijse *École polytechnique*. Zo was er bijvoorbeeld een afzonderlijke afdeling voor fabrikanten en handelaren aan de school verbonden. De in de literatuur over de geschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs aan te treffen bewering dat de school te Karlsruhe nadrukkelijk naar het model van de *École polytechnique* was georganiseerd gaat in belangrijke mate terug op een onjuiste interpretatie van de beschikbare bronnen

door Schnabel. Zijn bewering dat, naar Frans voorbeeld, de voorbereidende mathematische klassen voor alle leerlingen verplicht waren is door vrijwel alle latere auteurs kritiekloos overgenomen. De fabrikanten en handelaren volgden evenwel een parallelle cursus die niet voortbouwde op dit mathematische (of, in de zin van Laplace, 'polytechnische' (§ 4.2)) fundament.<sup>89</sup> Daarnaast hebben velen de verschillen tussen de school van Tulla en de latere polytechnische school onvoldoende onderkend, of althans een te sterke invloed van Monges denkbeelden op de latere polytechnische school gesuggereerd.<sup>90</sup>

In Württemberg speelde het Parijse voorbeeld ook een rol toen de koning in 1816, als gevolg van het einde van de oorlog, het voorstel deed om de bestaande officersopleiding te Stuttgart (het *Kadetteninstitut*) uit te breiden tot een polytechnische school die zou moeten ressorteren onder het Ministerie van Oorlog. Competentiestijd tussen de ministeries van Oorlog en Onderwijs leidde ertoe dat dit plan in deze vorm nooit werd gerealiseerd.<sup>91</sup>

In Pruisen vormden officieren en wiskundigen eveneens jarenlang de motor om een opleiding op het gebied van de hogere wiskunde op te zetten in Berlijn. In 1817 was er sprake van een reorganisatie van de *Bauakademie* tot een 'Mathematisch-technische Lehranstalt' en in de jaren 1822-1824 probeerde men de beroemde wiskundige C.F. Gauss aan een nieuw op te richten 'polytechnische Schule' te verbinden. Ook in 1828, 1832-34 en 1844-45 was de oprichting van een wiskundig georiënteerd 'polytechnisches Seminar' of 'polytechnisches Institut' - dat ondermeer voor de opleiding van leraren in de wiskunde en de natuurwetenschappen bestemd was - nabij. In deze gevallen diende de Parijse school zoals die zich onder invloed van Laplace ontwikkeld had voor de neohumanistische ambtenaren van het Pruisische ministerie van onderwijs nadrukkelijk tot voorbeeld. Evenals in Württemberg vormden ook hier conflicten tussen de betrokken ministeries - van Oorlog, van Handel en van Onderwijs (het 'Kultusministerium') - een van de belangrijkste oorzaken dat het niet kwam tot de oprichting van een op hoog wetenschappelijk niveau staande mathematisch georiënteerde polytechnische school.<sup>92</sup> De *Technische Schule* voor ambachtslieden en industriële technici, die in 1821 door het Handelsministerie in Berlijn werd opgericht, ontwikkelde zich via een geleidelijke weg tot een *Gewerbe-Akademie* en later, na een fusie met de *Bauakademie*, tot de *Technische Hochschule* te Berlijn-Charlottenburg (1879).

In de oprichtingsfase van het Duitse en Oostenrijkse polytechnische onderwijs - tussen ongeveer 1800 en 1830 - kwam er zodoende geen enkel polytechnisch instituut tot stand dat vergelijkbaar was met de toen in Parijs bestaande, op de abstracte wiskunde gerichte, polytechnische school. De polytechnische scholen die wel werden opgericht bouwden voort op Duitse ontwikkelingen in het technische onderwijs uit het laatste kwart van de achttiende eeuw.<sup>93</sup> Als we deze scholen al met de *École polytechnique* zouden willen vergelijken, dan zouden we tot de conclusie komen dat ze dichter stonden bij de geïntegreerde wetenschappelijke en technische school van Monge en Fourcroy (1794-96), dan bij de school van

Laplace.

De grootste invloed oefende de *École polytechnique* in Duitsland nog uit op concrete onderdelen van het studieprogramma. Aan verschillende Duitse polytechnische scholen vonden bijvoorbeeld de ideeën van Monge op het gebied van de beschrijvende meetkunde en het tekenonderwijs ingang.<sup>94</sup> Op het terrein van de chemie waren het, zoals ik in de volgende hoofdstukken zal laten zien, vooral leerboeken van Fourcroy, Chaptal en Thenard die navolging kregen, evenals de opzet van de cursus op het gebied van de 'chemische manipuleerkunst'. De eerste die deze Franse didactische voorbeelden op een systematische wijze wist te integreren met de bestaande Duitse tradities op het gebied van het technologische en het technisch-chemische onderwijs was de technoloog en pedagoog J.J. Prechtl, de oprichter van de Weense polytechnische school. Aan zijn denkbeelden en hun uitwerking is het volgende hoofdstuk gewijd.



## Deel II

# Het ontstaan van speciale opleidingen voor chemici aan de Duitse polytechnische scholen





## J.J. PRECHTL EN HET CHEMISCHE ONDERWIJS AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOOL TE WENEN (1815-1830)

Wenen 1815. Plaats en jaartal hebben in de politieke geschiedenis een bekende klank. Het Weense Congres betekende het definitieve einde van de Napoleontische oorlogen en de besluiten die door de daar verzamelde staatslieden genomen werden, bepaalden gedurende decennia de politieke verhoudingen in Europa. Voor de Duitse staten en Oostenrijk volgde een halve eeuw van vrede, waarin de grenzen tussen de 39 nieuw gevormde staten en vrijsteden van de in Wenen opgerichte Duitse Bond stabiel bleven.

De beëindiging van de Napoleontische oorlogen vormde tevens een duidelijke cesuur in de economische ontwikkeling van Duitsland. Door de opheffing van het Continentale Stelsel kwamen verschillende bedrijfstakken, die zich onder die bijzondere omstandigheden goed hadden kunnen ontplooiën, aan een sterke buitenlandse concurrentie bloot te staan. Engelse goederen, vaak geproduceerd met in Duitsland nog onbekende machines, hadden een min of meer vrije toegang tot de markt.<sup>1</sup> De diepe crisis waarin de Duitse economie in de eerste 10 à 15 jaar na het einde van de oorlog kwam te verkeren, gaf een nieuwe impuls aan reeds uit het laatste kwart van de achttiende eeuw daterende aanzetten tot economische hervorming en verbetering van het nijverheidsonderwijs. Nijverheidsverenigingen, patriottische genootschappen en overheden benadrukten dat aan de bestaande eenzijdige afhankelijkheid van de nationale volkshuishouding van de landbouwsector een einde diende te komen. De economische politiek richtte zich in toenemende mate op de 'industrialisatie' van de natie en op de invoering van machines. De Augsburgse katoendrukker en 'polytechnicus' Dingler zag dit als een haast onvermijdelijk proces:<sup>2</sup>

Es gibt auch für kleinere, ackerbaureibende Staaten einen Zeitpunkt, in welchem sie das industrielle Prinzip in sich aufzunehmen und demselben die geeignete Ausdehnung zu geben gezwungen sind. Dieser Zeitpunkt ist für Deutschland eingetreten..

De hefboom bij uitstek voor de vergroting van de volkswelvaart was - in de ogen van Dingler en andere representanten van de opkomende burgerij - het nijverheidsonderwijs. Door tekenscholen, ambachtsscholen en polytechnische scholen op te richten dienden de Duitse staten en steden de Engelse concurrentie het hoofd te

bieden. De ver voortgeschreden mechanisering van de Engelse industrie vormde niet alleen een economische bedreiging, het was ook een grote uitdaging voor het Duitse onderwijs.

Tussen 1815 en 1830 zijn in vrijwel alle Duitse staten al dan niet geslaagde initiatieven ontplooid om polytechnische scholen op te richten.<sup>3</sup> De Britse uitdaging vormde daarbij steeds een belangrijk motief. Het scholen van arbeiders die met machines zouden weten om te gaan, het opleiden van technici met een grondige kennis van de werktuigbouw en het opleiden van fabrikanten die oog zouden hebben voor de mogelijkheden tot mechanisering van hun bedrijf, hoorden tot de voornaamste doelstellingen van het opkomende (poly)technische onderwijs. Daarnaast waren ook het tekenonderwijs, vanwege de vormgeving van de producten, en het onderwijs in de scheikunde, vanwege de rationalisering van verschillende stedelijke ambachten, standaard ingrediënten van het Duitse onderwijspolitieke antwoord op het Engelse gevaar.<sup>4</sup>

Hét grote voorbeeld voor alle Duitse polytechnische scholen die na de Napoleontische oorlogen werden opgericht, was ongetwijfeld het in november 1815 in Wenen geopende *polytechnische Institut*.<sup>5</sup> De Habsburgse regering spaarde kosten noch moeite om het nieuwe Weense instituut tot een succes te maken. De nieuwbouw die in 1818 verrees kostte ruim één miljoen *Gulden*, een bedrag dat ver uitsteeg boven de bedragen die de andere Duitse staten in het technisch onderwijs zouden investeren.<sup>6</sup> Het schoolgebouw had de allure van een paleis: 'la gloire de l'empire autrichien', meldde een Frans tijdschrift en ook in de Duitse staten werd het Weense initiatief vol ontzag bezien.<sup>7</sup>

Het Weense polytechnische instituut ontleende haar grote uitstraling niet alleen aan de uitgebreide materiële, financiële en bouwkundige voorzieningen waarover het beschikken kon, maar vooral aan het succesvolle didactische concept dat aan de school ten grondslag lag. Het Weense instituut was de eerste Duitse hogere technische opleiding die werkelijk floreerde en die daarmee de overige Duitse staten toonde dat hoger technisch onderwijs levensvatbaar was. Zonder overdrijving kan men stellen dat de 'take-off' fase van het Duitse polytechnische onderwijs in 1815 in Wenen begon.

In de voorgaande twee hoofdstukken heb ik laten zien dat verschillende eerdere pogingen om - binnen en buiten Duitsland - hogere technische opleidingen voor de nijverheidsburgerij te stichten omstreeks 1815 grotendeels mislukt waren. Scholen met een streng-wiskundig onderwijsprogramma, zoals de *École polytechnique*, hadden vooral betekenis als opleidingsinstituten voor staatsingenieurs. Hun uitstraling naar de nijverheid was dienovereenkomstig gering. Personen die in Wenen bij de oprichting van het polytechnische instituut betrokken waren, beschouwden de *École polytechnique* dan ook als weinig succesvol.<sup>8</sup> De wetenschappelijk-technische scholen voor fabrikanten en hogere technici te Augsburg en Neurenberg boden onderwijs dat te theoretisch van aard was om grote groepen leerlingen aan te trekken. Ze kenden, mede veroorzaakt door de ongunstige tijdsomstandigheden, slechts een kort en weinig bloeiend bestaan.<sup>9</sup> Dat laatste

gold ook voor het op de nijverheid gerichte onderwijs aan het Praagse polytechnische instituut. De verbinding van deze school met de Boheemse universiteit wierp een sociale barrière op, waardoor de ambachtelijke nijverheid weinig van het onderwijsaanbod kon profiteren. In 1814 voerde de directeur van de school Gerstner bovendien een streng toelatingsexamen in.<sup>10</sup>

Alleen de praktische beroepsgerichte deeltijdscursussen - die onder andere in Parijs, Londen, Berlijn, Augsburg en München gegeven werden - trokken voldoende publiek.<sup>11</sup> Ook hier moest echter een prijs worden betaald. Door het ontbreken van eisen ten aanzien van de vooropleiding was het wetenschappelijke niveau van deze cursussen gering. De sterke oriëntatie op de bestaande beroepen en ambachtsstructuur maakte dat radicaal nieuwe ontwikkelingen vanuit deze hoek niet verwacht konden worden.

In hoofdstuk 3 is dan ook geconcludeerd dat de pogingen van de achttiende eeuwse onderwijshervormers om een geïntegreerd theoretisch en praktisch onderwijs van de grond te krijgen in de Napoleontische periode grotendeels in het slop raakten. De theoretische opleidingen trokken maar weinig leerlingen uit de nijverheidsburgerij en functioneerden vrijwel alleen als ze ook een perspectief boden op het verkrijgen van een staatsbetrekking. De praktische cursussen werden te weinig door de resultaten van de wetenschap 'verlicht'. Deze situatie veranderde met de oprichting van het Weense *polytechnische Institut*. De oprichter en eerste directeur van dit instituut, Prechtl, slaagde er namelijk in om, voortbouwend op de ideeën van de Verlichtingspedagogen, de gebreken of beperkingen van de Parijse, Pruisische, Praagse en Beierse voorlopers te overwinnen. Hij ontwikkelde een nieuw organisatorisch concept, waarin zowel het theoretische als het praktische onderwijs een kans kreeg. Voor het eerst ontstond een bloeiend technisch instituut voor de burgerij. In 1816 telde de school reeds 296 leerlingen, in 1820 steeg het aantal tot 574 en in 1823 werd een voorlopig hoogste aantal van 780 leerlingen bereikt.<sup>12</sup> Dit waren studentenaantallen die de niet-Oostenrijkse polytechnische scholen pas in de tweede helft van de negentiende eeuw zouden evenaren.

In dit hoofdstuk wordt begonnen met een korte schets van de onderwijsdiscussies in het Habsburgse rijk, waardoor duidelijk wordt binnen welke context Prechtl zijn plannen naar voren bracht (§ 5.1). Vervolgens komen de essentiële kenmerken van Prechtls organisatieplan aan de orde, vooral op het terrein van het chemisch onderwijs (§ 5.2). In de derde paragraaf wordt de realisering van Prechtls denkbeelden besproken. Duidelijk wordt dan dat in Prechtls op papier fraaie synthese conflictstof verborgen was, die tot een ware tegenstelling kon uitgroeien. Een bespreking van de omvang en aard van de groep leerlingen die het chemische onderwijs in Wenen volgde vormt, tenslotte, het onderwerp van de vierde paragraaf.<sup>13</sup>

## 5.1 De oprichting van het Weense polytechnische instituut

Gedurende de bijna twintig jaar lange oprichtingsgeschiedenis van de Weense polytechnische school kwamen alle thema's aan de orde die ook in Parijs, Pruisen en Beieren het debat hadden bepaald. Tegengestelde visies tussen het onderwijsdepartement en de nijverheidsautoriteiten, verschillende opinies over het wetenschappelijke dan wel het praktische karakter van de opleiding, onenigheid over de keuze van de fabrikanten of de ambachtslieden als doelgroep, dit alles passeerde de revue vanaf het moment dat de Habsburgse koning Franz II in 1797 de opdracht gaf de oprichting van 'höhere technische Institute' te onderzoeken.<sup>14</sup>

Het eerste, indirecte gevolg van dit koninklijke initiatief was de oprichting van het polytechnische instituut te Praag. Vanaf de provisorische start van dit instituut in 1803 oefende het Praagse voorbeeld een voortdurende invloed uit op de discussies die in Wenen gevoerd werden om ook daar tot de oprichting van een polytechnische school te komen. Drie projecten gericht op de bevordering van de Oostenrijkse landbouw en nijverheid, werden in 1805 en 1806 uitgewerkt en aan de verantwoordelijke autoriteiten voorgelegd: in de eerste plaats een voorstel van F.J. Gerstner, de oprichter van de Praagse school, om in Wenen een polytechnisch instituut te stichten naar Praags model; in de tweede plaats een project waaraan de hoogleraar landbouwkunde aan de Weense universiteit P. Jordan (1751-1827) werkte, dat de oprichting van een landbouwproefstation met bijbehorend opleidingsinstituut inhield; en in de derde plaats een plan voor een 'technisch-ökonomische Schule' van de hand van J.N. Jassnäger (1766-1827), hoogleraar in de chemie aan de *Theresianische Ritterakademie* te Wenen.

Jassnäger stelde voor de op te richten polytechnische school te combineren met een landbouwinstituut. De praktische wiskunde, de landbouwkunde en, vooral, de technische chemie vormden de drie pijlers van het te geven onderwijs.<sup>15</sup> Men kan hierin de invloed herkennen van zowel de oprichtingsideeën van de Parijse polytechnische school (Monge, Fourcroy), waarin de praktische wiskunde en de chemie tot fundament van het onderwijs werden verklaard, als van de Duitse en Oostenrijkse 'Kameralinstitute', waar de technische en de 'oeconomische' chemie regelmatig gezamenlijk gegeven werden. Onderwijs in de ingenieursvakken zoals dat in Parijs en Praag gegeven werd, kwam niet in het voorstel van Jassnäger voor. Zijn technisch-oeconomische school was uitsluitend voor fabrikanten, ambachtslieden en landbouwers bestemd. De lengte van de opleiding was op drie à vier jaar bepaald, een voor die tijd lange opleidingsduur.

De Weense autoriteiten verwierpen het voorstel van Gerstner, dat naar hun inzicht een te theoretisch onderwijs behelsde en teveel op de specifieke behoeften van de Boheemse exportindustrie was gericht. In januari 1807 kozen zij het plan van Jassnäger tot uitgangspunt voor verdere beraadslagingen. Het duurde nog tot het einde van 1813 eer de definitieve besluiten over de inrichting van de polytechnische school genomen werden. Competentiestrijd en verschillen in opvattingen tussen de *Hofkammer*, die verantwoordelijk was voor handel en nijverheid, en de

*Studienhofkommission*, waaronder het onderwijs ressorteerde, speelden daarbij de hoofdrol.

Nadat door oppositie van de zijde van Jordan vanaf 1808 het idee van tafel was om het landbouwonderwijs en het technisch onderwijs in één instituut samen te voegen, resteerde als belangrijkste strijdpunt de vraag of in het belang van de nijverheid vooral het algemene (natuur)wetenschappelijke onderwijs bevorderd zou moeten worden, of dat de aandacht met name naar specifieke beroepsgerichte cursussen zou dienen uit te gaan. Daarbij spitste het meningsverschil zich vooral toe op het onderwijs in de chemie, het vak dat in Jassnügers plannen voor een polytechnische school een centrale plaats innam.

Evenals in Pruisen verdedigden vooral de adviseurs van het onderwijsdepartement de wenselijkheid van een solide wetenschappelijke basisopleiding.<sup>16</sup> De *Studienhofkommission* zette zich in voor twee verschillende projecten, die beide neerkwamen op pogingen de oprichting van een zelfstandige polytechnische school, die mogelijk buiten het gezagsdomein van de onderwijsbeambten zou vallen, te blokkeren. In de eerste plaats bepleitte de commissie een verbetering en uitbreiding van de Weense *Realschule St. Anna*, min of meer vergelijkbaar met het Beierse model.<sup>17</sup> In de tweede plaats spande de commissie zich in om de ideeën van Gerstner, waarin het theoretische niveau van het onderwijs en de verbinding tussen de polytechnische school en de universiteit centraal stonden, alsnog in Wenen te realiseren.<sup>18</sup>

Met dit laatste spoorde een in 1810 ondernomen poging het chemisch onderwijs aan de Weense universiteit uit te breiden met een aantal niet-medische onderwerpen, zodat het voortaan ook voor toehoorders uit de nijverheid van belang zou zijn. Twee jaar later boog de *Studienhofkommission* een verzoek van de Weense apothekers een doctoraat in de farmacie in te stellen, om in de richting van een doctoraat in de chemie. Voor die graad zouden, naar het oordeel van de commissie, ook metallurgen, fabrikanten, destillateurs, ververs en andere vergelijkbare beroepsgroepen in aanmerking moeten komen, indien zij aan alle eisen met betrekking tot de vooropleiding en de universitaire scholing zouden voldoen. Deze poging mislukte door de weigering van de hoogleraar chemie en botanie J.F. von Jacquin om de overstap naar de filosofische faculteit te maken, en de weigering van de medische faculteit om 'Inhaber von Fabriken chymischer Produkte, Wasser- und Geisterbrennern' en 'Färber' tot hun gelederen toe te laten. De farmaceuten werden op 30 juli 1813 door keizer Franz I (koning Franz II) tevreden gesteld met een compromisbesluit dat de moderne lezer wellicht enigszins absurd voorkomt, maar dat wel een treffende illustratie vormt van de sociale en professionele situatie waarin de chemiebeoefening verkeerde aan het begin van de negentiende eeuw: 'Bei der Benennung Doktoren der Chemie hat es zu verbleiben, hierzu können nur Pharmazeuten... befördert werden'.<sup>19</sup>

Dit besluit van de keizer bezegelde de taakverdeling tussen de universiteit en de toekomstige polytechnische school. Kort daarvoor was ook de beslissing gevallen over het instituutplan voor de op te richten school. De *Hofkammer* die steeds de vorming van een zelfstandige 'Zentralbildungsanstalt für Industrie, Gewerbe und

Handel' had voorgestaan, behaalde op dit punt de overwinning op de *Studienhofkommission*. De opleiding van fabrikanten en ambachtslieden zou niet met het universitaire onderwijs verbonden worden, maar worden ondergebracht in een afzonderlijk instituut. Terwijl de *Studienhofkommission* de invoering van een algemene chemische cursus voor fabrikanten bepleitte, was de *Hofkammer* voorstander van de toepassing van de (wetenschappelijke) theorie op afzonderlijke bedrijfstakken en beroepen. De 'Zentralbildungsanstalt' die de *Hofkammer* voor ogen stond, zou direct gericht dienen te zijn op de praktische behoeften van de nijvere burgerij. Het was volgens hun plannen niet louter een opleidingsinstituut, maar had ook tot doel door tentoonstellingen, modellen, octrooi-beoordeling en publicaties bij te dragen tot de verbreiding van innovaties binnen de Oostenrijkse nijverheid.<sup>20</sup>

De keizer steunde enerzijds het streven van de *Hofkammer* met betrekking tot de oprichting van een afzonderlijk polytechnisch instituut, anderzijds echter het standpunt van de *Studienhofkommission* om het onderwijs in de wiskunde, de chemie en in de andere natuurwetenschappen niet volledig op de behoeften van specifieke beroepsgroepen te richten.<sup>21</sup> De inrichting en organisatie van het Weense polytechnische instituut waartoe in 1813 besloten werd, droeg een compromiskarakter, waarin ook - hoewel in bescheiden mate - aan de ideeën van de onderwijsbeambten tegemoet gekomen was. Een achteraf gezien beslissende stap om de standpunten van de *Hofkammer* en de *Studienhofkommission* nader tot elkaar brengen, vormde een voorstel dat in 1810 geschreven werd door Johann Joseph Prechtl (1778-1854), die toen docent chemie en fysica aan de *Realschule St. Anna* was. Dit geschrift, opgesteld in opdracht van de *Hofkammer* ter vervanging van het oudere plan van Jassnüger, bevatte een weldoordacht compromis, dat recht deed aan de tegengestelde polen 'wetenschap' en 'praktijk'.

In de volgende paragraaf zal ik laten zien hoe Prechtl op basis van zijn oorspronkelijke plan, in staat bleek het felle verzet te breken dat zijn ideeën aanvankelijk opriepen in de *Studienhofkommission* en bij de directeur van de Praagse polytechnische school Gerstner. Twee zaken speelden daarbij een beslissende rol. In de eerste plaats sloeg het feit dat Prechtl de 'wetenschappelijkheid' van het door hem beoogde onderwijs sterk benadrukte, de onderwijsbeambten een belangrijk wapen uit handen. In de tweede plaats vervulde een chemisch leerboek dat Prechtl in opdracht van de keizer schreef, een paradigmatische rol. De begin 1813 verschijnende eerste band van dit leerboek droeg ertoe bij dat de keizer en de leidinggevende politici overtuigd raakten van de mogelijkheid dat wetenschappelijk en beroepsgericht onderwijs met elkaar te verzoenen zouden zijn. Op 21 mei 1813 gaf de voorzitter van de *Studienhofkommission*, graaf Ugarte, in een brief aan de keizer zijn definitieve steun aan het organisatieplan van Prechtl.<sup>22</sup> In december 1814 volgde de officiële benoeming van Prechtl tot directeur van het nieuwe instituut en op 6 november 1815 vond de feestelijke opening plaats.

## 5.2 Prechtl's synthese: de algemene en de speciale technische chemie als de twee pijlers van het chemische onderwijs

Johann Joseph Prechtl werd op 17 november 1778 in Bischofsheim aan de Rhön in Beneden-Franken geboren, waar zijn vader opzichter was van een ijzersmelterij van de prins-bisschop van Würzburg.<sup>23</sup> Van 1794 tot 1801 studeerde hij filosofie, theologie en rechtswetenschappen aan de universiteit te Würzburg. Tevens volgde hij colleges wisselrecht en handelswetenschappen - mogelijk aan het in 1799 te Würzburg opgerichte 'Kameral-Institut' - en onderwijs op het gebied van de fysica, de chemie en de wiskunde.<sup>24</sup> Na twee jaar als jurist werkzaam geweest te zijn, trad Prechtl in 1803 als gouverneur en huisleraar in dienst van rijksgraaf Johann Taaffe in de Moravische hoofdstad Brünn (nu Brno), waar hij met de opvoeding en scholing van diens zoon Joseph werd belast.

In de zes jaar die Prechtl in Brünn doorbracht legde hij de basis voor zijn gehele verdere loopbaan. Hij maakte een grondige studie van de pedagogiek en de didactiek en publiceerde daarover een van zijn eerste geschriften. Uit dat boek kwam Prechtl naar voren als een pedagoog die duidelijk in de voetsporen van de filantropijnen trad, terwijl tevens een verwantschap met de ideeën van Pestalozzi te herkennen is. In Prechtl's optimistische mensbeeld was geen plaats voor strafmaatregelen en schooltucht. Hij benadrukte, met de filantropijnen, de opvoedende werking van de arbeid, de aanpassing van de didactiek aan de individuele capaciteiten van de leerling, en de rol van het gemeenschapsleven en het gezin.<sup>25</sup> Tevens nam Prechtl in die tijd de studie van de experimentele natuurwetenschappen ter hand en publiceerde hij, vanaf 1805, verschillende artikelen op het gebied van de fysica.<sup>26</sup>

Van grote invloed op Prechtl's vorming was zijn vriendschap met de oeconoom, pedagoog en natuuronderzoeker Christian K. André (1763-1831), die in 1809 zijn schoonvader zou worden. André, een filantropist die leraar aan het instituut van Salzmann was geweest, speelde in Brünn als directeur van de protestantse school en als hoofdredacteur van enige patriottische bladen een belangrijke rol in het culturele leven. Daarnaast leerde Prechtl, mogelijk via André, prins Hugo Salm-Reifferscheid-Krautheim (1776-1836) kennen, een typische representant van de verlichte, liberale adel, die in Moravië en Bohemen de economie in handen had.

Meer nog dan André had Salm een grondige studie van de chemie, de mineralogie, de metallurgie en de mijnbouwkunde gemaakt. Hij verrichtte zelf onderzoek op deze terreinen van wetenschap en zette zich, vooral na een studiereis naar Engeland in 1801, actief in voor de technologische vernieuwing van de Moravische en Oostenrijkse landbouw en nijverheid. Na 1806 kreeg Salm het beheer over de uitgebreide landgoederen, fabrieken en ijzermijnen van zijn vader.<sup>27</sup> Hij was in het Habsburgse rijk een vooraanstaand grootindustriël, die als een van de eersten consequent wetenschappelijk geschoolde directeuren aan het hoofd van zijn in Blansko in Moravië gelegen ijzer- en staalfabrieken benoemde.<sup>28</sup>

Aan de kring rond André en Salm, na 1807 verenigd in de door hen opgerichte patriottische *Gesellschaft zur Beförderung des Ackerbaus, der Natur- und Landeskunde* in Brünn, dankte Prechtl zijn vorming op mathematisch, natuurwetenschappelijk, landbouwkundig en technologisch gebied. Voor zijn latere opvattingen over het technische onderwijs was deze achtergrond van groot belang. Prechtl was een 'self-made man' op het gebied van de chemie. Hij maakte zich de chemie eigen, zonder dit in het toen nog gebruikelijke kader van een studie geneeskunde of farmacie te doen en zonder bij een speciaal daarvoor aangestelde chemie-docent in de leer te gaan. Zijn benadering van de chemie en de andere natuurwetenschappen bleef gedurende zijn gehele latere leven in het teken staan van het kameralistische en technologische perspectief dat hij in Brünn had leren kennen. De verbetering van volkswelvaart, nijverheid en sociale omstandigheden stonden voor Prechtl centraal, niet de ontwikkeling van de chemie als discipline. Pedagogiek en didactiek stonden bij hem eveneens in dienst van zijn streven naar een betere maatschappij.

Op basis van zijn kennis van de fysica, chemie, economie en pedagogiek benoemden de Weense onderwijsautoriteiten hem in 1809 tot directeur van de in opbouw zijnde *Realschule* te Triest, een school bestemd voor de handelsstand en voor de basisopleiding van ingenieurs en zeeofficieren. De Franse verovering van de stad dwong hem nog voor het einde van het jaar naar Wenen te reizen, waar hij in 1810 een aanstelling kreeg als leraar chemie en fysica aan de *Realschule St. Anna*.<sup>29</sup> Het was in deze betrekking dat Prechtl in maart 1810 de opdracht kreeg tot het schrijven van zijn beroemd geworden voorstel voor de inrichting van het Weense polytechnische instituut. Zijn contacten met de *Studienhofkommission*, waaronder de 'Realschulen' ressorteerden, en zijn technologische achtergronden uit zijn Brünnse tijd, maakte hem tot de ideale figuur om de impasse waarin de oprichting van het Weense instituut verkeerde, te doorbreken. Door het succes waarmee Prechtl zijn ideeën verdedigde en door wist te voeren in de praktijk, kan zijn 'Plan zu einem Polytechnischen Institut' uit 1810, in de woorden van de techniekhistoricus Karl-Heinz Manegold, als het 'klassische Dokument des Technischen Hochschulwesens in Deutschland' worden beschouwd.<sup>30</sup>

Manegold doelde daarbij vooral op het krachtige pleidooi voor de zelfstandigheid van de techniek, dat dit geschrift bevatte. Een uitvoerige beschouwing over het wezen van de 'technische methode' en de daaruit af te leiden gevolgtrekkingen voor de te hanteren didactiek en de organisatie van de school, vormden de kern van Prechtls betoog. Daarbij spande hij zich in om het technisch-wetenschappelijke terrein waarop het nieuwe instituut zich zou moeten richten, af te grenzen van zowel de wetenschap op zich, als van de ambachtelijke en fabrieksmatige praktijk.<sup>31</sup> Prechtl trachtte een school te ontwerpen die zowel de Scylla van de wetenschappelijke oriëntatie van de polytechnische scholen in Parijs en Praag zou weten te vermijden, als de Charybdis van het praktijkgerichte onderwijs van Hermbstaedt. Dit betekende, binnen de Weense verhoudingen, dat hij probeerde te voldoen aan zowel de wetenschappelijke eisen van de *Studienhofkommission*, als aan de praktische oriëntatie van de *Hofkammer*.



Wilde deze visie meer behelzen dan een retorisch fraai pleidooi, dan diende er een organisatorische en didactische structuur ontworpen te worden die aan beide aspecten recht deed, en die er tevens voor zou zorgen dat het instituut op brede lagen van de bevolking een aantrekkingskracht zou uitoefenen. Het was op dit laatste punt immers, dat de voorlopers van de Weense school hadden gefaald. Prechtl's oplossing voor deze probleemsituatie bestond uit twee elementen. In de eerste plaats bepleitte hij de invoering van een vrije vakkenkeuze. In de tweede plaats ontwierp hij een onderwijsprogramma waarin zowel praktische als theoretische vakken voorkwamen.

Prechtl's keuze voor een volledige, 'akademische' studievrijheid ('Lernfreiheit') was met betrekking tot de polytechnische scholen zeker een organisatorische vernieuwing, want aan de instituten in Parijs, Beieren en Praag werd het onderwijs gegeven volgens een vast en voor alle studenten identiek lesrooster. Daar heerste, in Prechtl's woorden, een 'erbärmliche Schulzwang'.<sup>32</sup> Aan andere onderwijstypen echter, met name aan de 'Realschulen', was reeds gedurende lange tijd ervaring opgedaan met flexibele vakkencombinaties.<sup>33</sup> Als huisleraar in Brünn had Prechtl zelf de mogelijkheden van een leerling-gerichte aanpak uitgebreid leren kennen.

Bij Prechtl's keuze voor de invoering van 'Lernfreiheit' speelde dezelfde overweging een rol die ook aan het 'Fachklassen'-stelsel van de 'Realschulen' ten grondslag lag: de aanpassing van het onderwijs aan het toekomstig beroep en aan de sociale afkomst van de leerlingen. Door de keuze voor een volledige studievrijheid wist Prechtl te bereiken dat het onderwijs aantrekkelijk was zowel voor studenten die het zich konden veroorloven het gehele programma te volgen, als voor studenten die veelal om financiële redenen slechts een of meer specialistische cursussen konden of wilden bijwonen. Ook verdroeg het feit dat, volgens Prechtl's plannen, vele volwassenen het instituut zouden bezoeken zich niet met een schoolse opzet.<sup>34</sup> In de techniekhistorische literatuur heeft men de Verlichtingspedagogische herkomst van Prechtl's denkbeelden op dit terrein - met name de voorbeeldfunctie van het 'Fachklassen'-systeem - volledig over het hoofd gezien. Zo benadrukte Manegold ten onrechte de parallel tussen Prechtl's 'Lernfreiheit' en Von Humboldt's uitgangspunten voor de Berlijnse universiteit.<sup>35</sup> Prechtl wilde zijn instituut weliswaar een universitaire status geven, maar de invoering van 'Lernfreiheit' was daarvoor binnen de Oostenrijkse verhoudingen in het geheel niet nodig. Het toenmalige Oostenrijkse universiteitsconcept was utilitaristisch en leek helemaal niet op Von Humboldt's neo-humanistische universiteitsmodel. 'Lernfreiheit' bestond aan de Oostenrijkse universiteiten niet.<sup>36</sup>

Prechtl stelde voor het onderwijs aan het nieuwe instituut zo in te richten dat de afzonderlijke onderdelen door ieder die de 'Realschule' voltooid had, onafhankelijk van elkaar te volgen zouden zijn. Dit was niet alleen een organisatorisch, maar ook een didactisch en een inhoudelijk probleem. Uit de felle strijd over de inrichting van het chemisch onderwijs, die in 1813 tussen Prechtl en Gerstner ontbrandde, blijkt dat Prechtl ideeën had over het chemische onderwijs aan

ingenieurs, fabrikanten en ambachtslieden die sterk afweken van de onderwijspraktijk in Praag.<sup>37</sup> Deze ideeën van Prechtl vormden het tweede vernieuwende element in zijn organisatieplan.

Gerstner, die door de *Studienhofkommission* als adviseur naar voren geschoven was, verdedigde de visie dat de behandeling van de wetenschappelijke basisbeginselen aan de behandeling van de toepassingen vooraf diende te gaan. Dit oude, uit de tijd van Stahl, Boerhaave en Shaw daterende idee van 'wetenschap toegepast op de kunsten' had aan het begin van de negentiende eeuw in Duitsland onder invloed van het opkomende neo-humanisme, en in Frankrijk door mensen als Laplace een nieuwe pedagogische fundering en een nieuw elan gekregen.

Prechtl benadrukte in zijn in 1813 geschreven 'Gegenäusserung' dat een polytechnische school geen 'blosse höhere wissenschaftliche Bildungsanstalt' mocht zijn, maar nog veel minder een 'blosse Handwerks- oder Sonntagschule'. Lessen in de zuiver wiskunde en de zuivere chemie zoals die door Gerstner werd voorgestaan, hadden volgens Prechtl aan een technisch onderwijsinstituut geen plaats. Alleen kennis die nuttig en bruikbaar was voor het burgerlijke leven, mocht deel van het onderwijsprogramma uitmaken.<sup>38</sup> Onderwijs waarin theoretische principes aan bod kwamen sloot Prechtl zeker niet uit, maar daarnaast brak hij een lans voor een didactische benadering waarin de door Gerstner voorgestane behandeling van de stof volledig werd omgekeerd. De pedagogische uitdaging waar een leraar van een polytechnische school voor stond, aldus Prechtl, was het kweken van belangstelling voor de wetenschap onder alle lagen van de economisch actieve bevolking. Via op zichzelf staande, praktisch bruikbare colleges over de afzonderlijke onderdelen van de technische chemie - zoals de ververij, de bierbrouwerij en de zeepziederij - dienden fabrikanten en ambachtslieden gemotiveerd te worden ook de algemene principes van chemie te bestuderen. Van de praktijk naar de theorie, in plaats van omgekeerd!<sup>39</sup>

Het fundamenteel nieuwe van Prechtls instituutplan school niet in zijn pedagogische uitgangspunt dat aangesloten diende te worden bij de beroepspraktijk en bij de waarneming - vergelijkbare ideeën waren immers ook door de filantropijnen en door mensen als Fourcroy en Monge verwoord - maar in de wijze waarop hij dat uitgangspunt organisatorisch vorm gaf. Tot dan toe hadden cursussen die betrekking hadden op specifieke beroepsgroepen, zoals de lessen die Hermbstaedt gaf in Berlijn en Prechtls eigen avondcursus voor de Weense ververs, een populair-wetenschappelijke benadering gekend, die geen mogelijkheden bood voor een verdere verdieping. Door nu daarnaast theoretisch gerichte cursussen aan te bieden poogde Prechtl dit nadeel van de traditionele Verlichtingspedagogische aanpak op te heffen. Dit zal hieronder aan de hand van de inrichting van het chemische onderwijs nader worden toegelicht.

De keuzevrijheid en het stelsel van theoretische en praktische cursussen leidden voor het onderwijs als geheel tot een betrekkelijk ingewikkelde structuur. Drie 'routes' waren er in beginsel te volgen. Leerlingen met een goede mathematische en natuurwetenschappelijke vooropleiding konden met de theoretische cursussen beginnen en zich daarna wijden aan de toepassing van hun theoretische kennis op

de problemen van de praktijk.<sup>40</sup> Voor minder goed geschoolde, reguliere, leerlingen was er daarnaast de mogelijkheid om met de praktische gerichte cursussen te beginnen en pas daarna het theoretische onderwijs te volgen. In de derde plaats, tenslotte, moest het onderwijs open staan voor toehoorders die reeds in de nijverheid werkzaam waren. Vooral de praktisch gerichte cursussen dienden voor hen goed te volgen te zijn en hen op te wekken tot verdere studie.

Het succes van de Weense polytechnische school, blijkend uit de snelle groei van het leerlingenaantal en de grote aandacht die de school in de andere Duitse staten kreeg, liet na 1815 zien dat Prechtl met zijn flexibele opzet juist gekozen had. Voordat de school van start ging was het echter moeilijk de tegenstanders te overtuigen. Prechtl's ambitieuze ontwerpprogramma was immers kwetsbaar in zijn complexiteit en in zijn compromiskarakter. Het onderwijs aan het instituut moest 'wetenschappelijk' zijn, maar tevens 'voor ieder te bevatten'. De specifieke beroepsgerichte cursussen moesten zowel na de theoretische cursussen, als onafhankelijk van deze te volgen zijn. Dat Prechtl na drie jaar strijd toch de Oostenrijkse regering achter deze idealen kreeg, was vooral te danken aan zijn vermogen zijn plannen zo concreet mogelijk te presenteren. Daarbij speelden het vak (technische) chemie en het leerboek dat Prechtl daarvoor schreef een paradigmatische rol.

Prechtl schreef zijn *Grundlehren der Chemie in technischer Beziehung* - dat in 1813 en 1815 in twee delen verscheen - in opdracht van keizer Franz I. Deze helde aanvankelijk over naar de klassieke visie van het onderwijsestablishment, dat het onderwijs aan het nieuwe instituut vooral niet te populair van karakter mocht zijn. Een leerboek op het gebied van de technische chemie dat als grondslag voor het onderwijs aan de polytechnische school kon worden gebruikt, zou duidelijk moeten maken hoe de eisen van de wetenschap en de praktijk met elkaar verzoend zouden kunnen worden.<sup>41</sup> Begin 1813 kwam de eerste band van Prechtl's leerboek van de pers. Te zamen met zijn 'Gegenäusserung' op Gerstners kritiek en het advies van de *Studienhofkommission*, zond de voorzitter van deze commissie Prechtl's leerboek in mei 1813 naar de keizer om het hem 'mit den darüber einzuholen Meinungen der Sachverständigen zur Einsicht mitzuthellen'.<sup>42</sup> Prechtl's leerboek kreeg een gunstig onthaal, precies op die punten die van strategisch belang waren voor de inrichting van het onderwijs aan het nieuwe instituut:

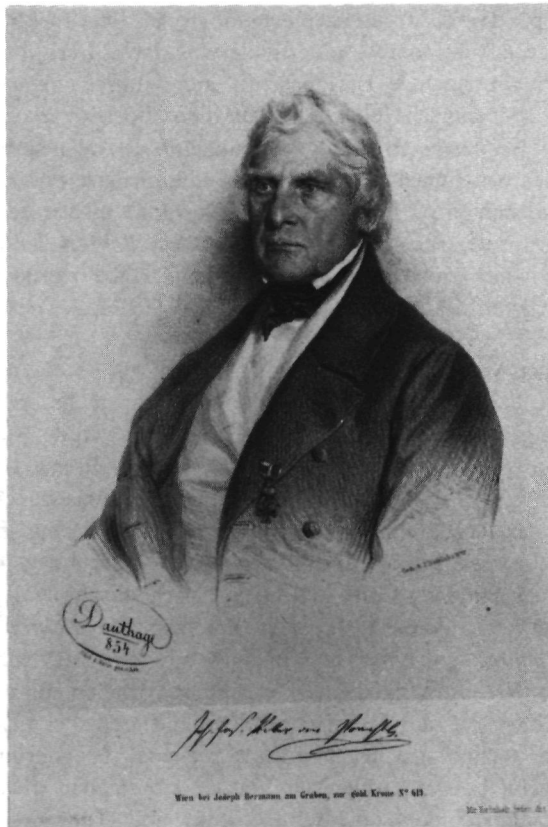
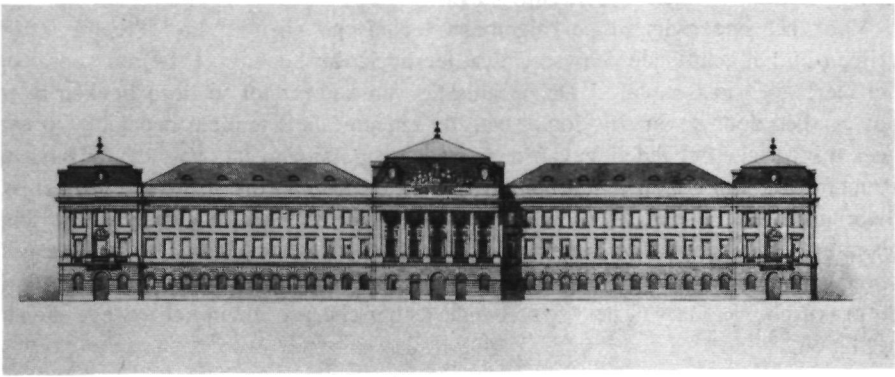
Hr. Prechtl besitzt die seltene Gabe, populär ohne gemein, umfassend ohne weitschweifig zu seyn, und selbst den höher gebildeten Leser, ... , stets zu befriedigen. .. Diese Vorzüge .. machen das Lehrbuch des Verfassers zu einem der gelungensten in seiner Art.<sup>43</sup>

Gerstners verwijt dat Prechtl's opzet te weinig wetenschappelijk zou zijn kon zo ontkracht worden. Nadat in 1813 de strijd rond de richting van het polytechnische onderwijs definitief in het voordeel van Prechtl was beslecht, kreeg zijn meer op de praktijk van ambacht en bedrijf gerichte didactiek bij voortduring krachtige steun van de keizer. Reeds in de herfst van dat jaar startte Prechtl op verzoek van

Franz I en vooruitlopend op de oprichting van de school, een reeks openbare colleges over de chemische technologie.<sup>44</sup>

In het voorwoord van het tweede deel van zijn leerboek legde Precht uit hoe de inhoud van zijn boek zich verhiel tot het onderwijsprogramma dat hij voor het polytechnische instituut ontworpen had.<sup>45</sup> Op het gebied van de chemie had hij twee cursussen gepland. In de algemene chemische cursus ('in technischer Beziehung'), die weldra de cursus 'allgemeine technische Chemie' zou worden genoemd, kwamen de grondbeginselen van de scheikunde, een breed opgezette beschrijving van het gedrag van vele chemische stoffen en een beknopte behandeling van alle takken van de chemische nijverheid aan bod. Voor deze cursus 'algemene technische chemie' waren de twee delen van Prechts *Grundlehren der Chemie* bestemd. Aan vele chemische industrieën en ambachten werd in dit leerboek aandacht besteed. Voorbeelden zijn de metallurgie, de bereiding van zwavel- en salpeterzuur, de bierbrouwerij, de blekerij, de azijnkokerij, de loodwitfabricage, de ververij, de gistingkunde, de glasfabricage, de zetmeelbereiding, de aardewerkindustrie, de wijnazijnbereiding en het maken van wijn, de textieldrukkerij en de tegelbakkerij.<sup>46</sup> Daarnaast diende er, volgens Precht, een chemische cursus opgezet te worden waarin een beperkt aantal voor de Oostenrijkse economie belangrijke takken van de 'chemische nijverheid' - zoals de ververij, de katoendrukkerij, de blekerij, de leerlooierij, de bierbrouwerij en de wijnbereiding - zeer gedetailleerd onderwezen kon worden. Dit was de cursus die vanaf 1816 de naam 'specielle technische Chemie' zou krijgen.<sup>47</sup>

Deze onderverdeling van het leerstofgebied van de technische chemie was op zich niet nieuw. Hermbstaedt had al eerder zowel algemene (technisch) chemische leerboeken geschreven, als monografieën over specifieke bedrijfstakken het licht doen zien. De Fransman Chaptal had hetzelfde gedaan. Hermbstaedt en Chaptal zijn vermoedelijk Prechts belangrijkste voorbeelden geweest toen hij de opzet voor het Weense polytechnische chemische onderwijs ontwierp.<sup>48</sup> Chaptal met name had in het voorwoord van zijn *Chimie appliquée aux arts* reeds expliciet aangegeven dat het onderwijs in de technische chemie naar zijn mening diende te bestaan uit een algemene cursus waarin de grondslagen van de chemie zouden worden toegepast op de nijverheid (en voor die cursus was zijn leerboek bestemd), gevolgd door specifieke cursussen waarin alle praktische details van bepaalde ambachten en produktietakken behandeld zouden kunnen worden.<sup>49</sup> Dit programma kwam in Frankrijk echter niet van de grond. De leerboeken die Chaptal voor dit onderwijs schreef werden vooral bij zelfstudie gebruikt. Precht was de eerste die het onderwijs in de technische chemie in volle omvang opnam in het programma van een en dezelfde onderwijsinstelling. Voor het eerst werd daarmee het voorstel van Chaptal in praktijk gebracht. Dat was, naast de introductie van de nieuwe begrippen 'algemene technische chemie' en 'speciale technische chemie' de vernieuwende bijdrage van Precht aan de ontwikkelingsgeschiedenis van het technisch-chemische onderwijs.<sup>50</sup> Voorbereid door het werk van Chaptal en Hermbstaedt kwamen in het onderwijs van de Weense polytechnische school voor de eerste maal twee onderwijsradities op het gebied



**Afb. 15:** De voorgevel van het tussen 1816 en 1818 voor meer dan één miljoen gulden gebouwde *polytechnische Institut* te Wenen: 'la gloire de l'empire autricien' (*Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Wien*).

**Afb. 16:** Johann Joseph Precht (1778-1854), oprichter en eerste directeur (1815-1849) van het Weense polytechnische instituut, vlak voor zijn dood in 1854 (*Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Wien*).

van de technische chemie werkelijk samen.

Voor het onderwijs in de 'algemene technische chemie' kon Precht terug-grijpen op het achttiende eeuwse Duitse leerboek van Suckow (1784) en vooral op het leerboek van Chaptal.<sup>51</sup> De organisatie van de leerstof in deze boeken werd boven alles door de interne logica van de chemie als discipline bepaald. Op een veel uitvoeriger behandeling van technische toepassingen na, was de didactische structurering van deze boeken niet wezenlijk anders dan die van de gebruikelijke theoretisch chemische leerboeken.<sup>52</sup> Voor het college algemene technische chemie achtte Precht deze behandeling van de stof geen bezwaar. Dit college was voor de studenten van alle beroepsrichtingen bestemd, waarbij de behandeling van de praktische details van de verschillende technische processen achterwege diende te blijven.<sup>53</sup>

Met betrekking tot het onderwijs in de speciale technische chemie kon Precht voortbouwen op de descriptieve technologische leerboektraditie die door Beckmann was gestart en vooral op het onderwijs dat in Berlijn door Hermbstaedt was gegeven. Precht noemde Hermbstaedts monografieën over de verschillende onderdelen van de technische chemie, zoals diens boek over de ververij en zijn *Wissenschaft des Seifensiedens* (1808) nadrukkelijk als de inspiratiebronnen voor zijn leergang. Daarnaast maakte hij van vele andere Franse en Duitse (leer)boeken over specieke ambachten en bedrijfstakken gebruik.<sup>54</sup> In een beknopte vorm had hij de informatie uit deze boeken reeds in zijn *Grundlehren der Chemie* gebruikt. Het uiteindelijke plan was echter om nog afzonderlijke leerboeken te schrijven over de bedrijfstakken die in het college 'speciale technische chemie' aan de orde kwamen.<sup>55</sup>

Bij het opstellen van zijn leerplan op het gebied van de chemie hoefde Precht zich niet louter op de hierboven genoemde literatuur te baseren. Zowel op het terrein van de 'algemene technische chemie' als op dat van de 'speciale technische chemie' beschikte hij immers over eigen leservaring. Bij het schrijven van zijn *Grundlehren der Chemie* voor de cursus algemene technische chemie stond zijn onderwijs aan de *Realschule St. Anna* model.<sup>56</sup> Ervaring met de speciale technische chemie deed hij op tijdens het avond- en zondagsonderwijs aan de Weense ververs en katoendrukkers, dat hij in het chemische laboratorium van zijn school vanaf de herfst van 1810 gaf.<sup>57</sup> Prechts *Grundlehren der Chemie in technischer Beziehung* en, vooral, zijn ontwerp voor het technisch-chemische onderwijs aan het Weense polytechnische instituut vormden een unieke poging om in de behandeling van de chemische nijverheid een chemische, disciplinair gerichte, en een technologische, bedrijfstakgerichte, benadering met elkaar te combineren. Precht bouwde weliswaar voort op bestaande didactische tradities, maar voegde daaraan duidelijk nieuwe elementen toe. Ten eerste was het nieuw dat hij de - voornamelijk Franse - traditie van 'chemie toegepast op de kunsten' (Chaptal) en de Göttingse technisch-chemische en *technologische* traditie (Beckmann, Gmelin, Hermbstaedt) binnen één instituut samenbracht en op elkaar trachtte af te stemmen. Ten tweede stelde hij een voorbeeld door het bijzondere elan - 'populair, maar toch wetenschappelijk' - waarvan hij het onderwijs in de

chemie voorzag.

Prechtl's opzet voor de Weense polytechnische school vond in verschillende Duitse staten navolging, hoewel steeds op een meer bescheiden schaal. Ook zijn voorstel om het onderwijs in de chemie in een cursus algemene technische chemie en een cursus speciale technische chemie te splitsen werd door een aantal andere polytechnische scholen overgenomen. Het eerste gebeurde dit in Praag, waar in 1817 onder invloed van het Weense voorbeeld een hervorming van het chemische onderwijs werd doorgevoerd. Aan het Habsburgse hof had het didactische concept van Gerstner afgedaan.<sup>58</sup> Later volgden de scholen te Karlsruhe, München en Stuttgart.<sup>59</sup>

Dit succes mag ons niet de ogen doen sluiten voor de grote moeilijkheden waar Prechtl's poging een chemische en een technologische benaderingswijze met elkaar te integreren voor stond. Gedurende de gehele negentiende eeuw bleef dit thema op de agenda van de auteurs van technisch-chemische leerboeken staan.<sup>60</sup> Een nadere beschouwing van de Weense ontwikkelingen leert dat Prechtl's voorstel met betrekking tot het chemische onderwijs in de praktijk niet die mate van integratie opleverde die hemzelf voor ogen stond. Ik ga hier in de volgende paragraaf uitvoerig op in, omdat de debatten die in Wenen over het vak 'speciale technische chemie' gevoerd werden een uniek inzicht geven in de verhouding tussen chemie en nijverheid aan het begin van de negentiende eeuw.

### 5.3 De strijd tussen Prechtl en Meissner over de plaats en inhoud van de 'speciale technische chemie'

Het 'polytechnische Institut', zoals het op basis van Prechtl's 'Organisationsplan' uit 1810 in Wenen in 1815 van start ging, was veel meer dan een onderwijsinstituut alleen. In feite had Prechtl drie zeer verschillende instituties onder een dak en binnen een grote organisatie bijeengebracht: een 'technische Lehranstalt', een 'Konservatorium', en een 'Verein zur Beförderung der Nationalindustrie'. Alle drie de onderdelen van de organisatie stonden in dienst van één doel: de bevordering van de Oostenrijkse industrie. De 'technische Lehranstalt', de onderwijspoot van het instituut, bestond op haar beurt ook uit drie afdelingen: de *Realschule St. Anna*, die in de nieuwe instelling was opgegaan, een technische afdeling en een commerciële afdeling. De reguliere opleidingsduur was zowel aan de 'Realschule' als aan de daarop aansluitende technische en commerciële afdelingen, twee jaar.<sup>61</sup>

Ook uit deze schets van de organisatie als geheel blijkt haar compromiskarakter. Het idee om een technisch museum ('Konservatorium') en een instelling ter bevordering van de nijverheid ('Verein') aan het instituut te verbinden, kwam uit de koker van de *Hofkammer*. De opname van de *Realschule* in het nieuwe organisatie was het resultaat van de voorstellen van de *Studienhofkommission*. De 'Realschule', die in Praag ontbrak, zou in Wenen een van de belangrijkste

ingrediënten voor het succes van het nieuwe instituut blijken te zijn.<sup>62</sup>

De chemie was ondergebracht in de technische afdeling. Volgens de oprichtingsstatuten van de nieuwe school telde deze afdeling acht leerstoelen, waarvan twee afzonderlijke leerstoelen voor de algemene en de speciale technische chemie. De hoogleeraar in de algemene technische chemie kreeg de beschikking over een groot laboratorium, annex collegezaal. Voor de docent in de speciale technische chemie werd eveneens een collegezaal en een afzonderlijk, kleiner laboratorium ingericht. Deze docent had tevens de 'chemische Präparaten- und Fabrikaten-Sammlung', die tot het 'Konseervatorium' behoorde onder zijn beheer. Beide hoogleeraren in de chemie kregen een assistent ('Adjunkt') toegewezen en een jaarlijks budget van 2000 *Gulden* ter bestrijding van de laboratoriumkosten.<sup>63</sup>

De oprichtingsstatuten schreven voor beide chemische leervakken 'experimenteel' onderwijs voor, waarbij de collegestof dus aan de hand van demonstratieproeven toegelicht diende te worden. Daarnaast stond er, als onderdeel van de algemene technische chemie, 'praktischer Unterricht im Laboratorium' op het programma.<sup>64</sup> Evenals in Parijs werd dus ook in Wenen een speciaal studentenpracticum ingevoerd. Dit is niet verwonderlijk, daar Prechtl in dezelfde Verlichtingspedagogische traditie stond als Fourcroy. Een apart studentenlaboratorium was evenwel afwezig. De grote collegezaal voor de algemene technische chemie diende tevens tot laboratorium, ook voor studenten. Dit laboratorium had, in de woorden van Prechtl, in 1829 'rücksichtlich seiner Ausdehnung, Dotirung und zweckmässigen Einrichtung wenige seines Gleichen in Europa'.<sup>65</sup> Anders dan Prechtl had voorzien, ontwikkelde zich dit practicum algemene technische chemie niet tot een vast onderdeel van het studieprogramma. Toen P.T. Meissner na 1825 de verantwoordelijke hoogleeraar voor dit vak werd, liet hij slechts enkele studenten - op hun eigen kosten - tot zijn laboratorium toe.<sup>66</sup>

Tijdens het eerste jaar dat de polytechnische school geopend was gaf Prechtl zelf al het onderwijs in de chemie, daarbij geassisteerd door zijn adjunct Paul Traugott Meissner (1778-1864). Eind 1816 volgde Meissners benoeming tot hoogleeraar in de speciale technische chemie en een jaar later werd Benjamin Scholz (1786-1833) op de leerstoel algemene technische chemie benoemd. Vanaf die tijd kon Prechtl zich volledig wijden aan zijn taken als directeur.<sup>67</sup>

Scholz promoveerde in 1810 aan de Weense medische faculteit en was daarna enige jaren de assistent van J.F. von Jacquin, de hoogleeraar chemie en botanie aan die faculteit. Een speciale kennis van de technische zijde van de chemie lijkt hij, op basis van deze voorgeschiedenis, niet te hebben gehad. Dit was mogelijk geen groot bezwaar daar, zoals hiervoor reeds aangeduid, bij de leergang in de algemene technische chemie de 'allgemeine Grundsätze der Chemie mit Beziehung auf Technik' behandeld dienden te worden, waarbij een systematiek gevolgd werd die ook buiten het technische onderwijs gebruikelijk was.<sup>68</sup> Wel dienden verschillende bedrijfstakken min of meer uitvoerig aan bod te komen en diende de chemische leerstof te geïllustreerd te worden aan de hand van 'nuttige verbindingen'.<sup>69</sup>

Aanvankelijk gaf Scholz zijn college waarschijnlijk aan de hand van het



leerboek van Prechtl, dat in 1817 een tweede druk kende, maar in 1824 verscheen de eerste band van zijn eigen *Lehrbuch der Chemie*.<sup>70</sup> Een vergelijking van de inhoud en systematiek van dit leerboek met dat van Thenard laat verscheidene overeenkomsten zien. Scholz' boek behandelt, in een soms wat afwijkende volgorde, grotendeels de eerste twee afdelingen van het Franse leerboek. De derde afdeling van Thenard, gewijd aan de analytische chemie, ontbreekt.<sup>71</sup> Dit gegeven illustreert duidelijk een van de verschillen tussen de Weense en de Parijse polytechnische school. Wat in Parijs als technische chemie werd gedoceerd ('chimie appliquées aux arts'), correspondeerde met de *algemene* technische chemie in Wenen. De 'speciale technische chemie' ontbrak in Parijs op het lesrooster en de 'algemene chemie' *sec* (die in Parijs door Gay-Lussac gegeven werd) ontbrak in Wenen.

Terwijl Scholz in zijn colleges algemene technische chemie gebruik kon maken van een didactische opzet die reeds enige decennia onderwijspraktijk had doorstaan, stond de docent speciale technische chemie voor de taak geheel onontgonnen terrein te betreden. Hermbstaedt had weliswaar vergelijkbare colleges gehouden, maar steeds aan één specifieke beroepsgroep tegelijk. Meissner had echter in zijn colleges met een heel heterogene groep leerlingen te maken, die zowel uit reguliere studenten als uit toehoorders bestond. Zijn onderwijs moest, volgens Meissner:

die chemische Gewerbe im Einzelnen behandeln, bis ins praktische Detail verfolgen, und dabey auf der einer Seite dem bereits absolvirten Theoretiker zur Erwerbung praktischer Fertigkeit die Gelegenheit darbiethen, auf der andern Seite hingegen auch dem chemischen Fabrikanten, und sogar dem minder unterrichteten, oft alle chemische Vorkenntnisse entbehrenden, Bearbeiter einzelner chemischer Gewerbszweige zugänglich und lehrreich [sein].<sup>72</sup>

De reguliere, ingeschreven studenten maakten in Wenen bij dit vak de minderheid van de collegebezoekers uit.<sup>73</sup> De verschillende functies die dit vak moest vervullen plaatsten het onderwijs in de speciale technische chemie van meet af aan in een spanningsveld.

Zo leverde de organisatie van de leerstof problemen op. Hoe moest de chemische basiskennis aan de theoretisch weinig onderlegde fabrikanten en ambachtslieden worden gedoceerd? Het was immers een van de doelstellingen van het onderwijs dat ook deze groepen de chemische grondbeginselen van hun vakgebied zouden leren begrijpen. Een bedrijfstakgewijze behandeling van de leerstof, die noodzakelijk was om aan het 'praktische detail' voldoende aandacht te besteden, kon daarmee op gespannen voet komen te staan. De bedrijfstakgewijze organisatie van de speciale technische chemie waar in Wenen voor gekozen was kende vier zwaartepunten: de gistingsschemie, de leerlooierij, de zeepziederij en kaarsenmakerij, en de ververij en katoendrukkerij.<sup>74</sup> In elk van deze vakken kon de student een afzonderlijk examen afleggen. Moesten de chemische basisprincipes bij elk van deze onderwerpen afzonderlijk ter sprake worden gebracht, of diende voor een bepaalde volgorde gekozen te worden, waarin deze takken van de

chemische techniek behandeld zouden worden? Op zulke vragen was geen eenvoudig antwoord te vinden.

Bovendien had Meissner te kampen met het probleem dat zijn vak bestemd was voor groepen leerlingen met grote verschillen in vooropleiding. De reguliere studenten hadden de 'Realschule' bezocht en volgden ook het onderwijs in andere natuurwetenschappelijke en technische vakken. Doorgaans hadden zij de cursus algemene technische chemie reeds voltooid, voordat ze, in hun tweede studiejaar, aan de lessen in de speciale technische chemie begonnen.<sup>75</sup> De ambachtslieden misten daarentegen, zo blijkt uit het hierboven gegeven citaat, vaak iedere voorkennis.

Prechtl had er zeer bewust voor gekozen dit vak een synthese van tegenstellingen te laten zijn. In zijn ogen moest de docent speciale technische chemie bij de behandeling van de stof, niet alleen vanwege dit heterogene gehoor, maar ook met het oog op de 'opvoeding' van de gewone man, een koers te varen die het midden hield tussen een populaire en een (streng)wetenschappelijke behandeling. Bij de 'allmütige Empfänglichmachung des gemeinen Mannes für wissenschaftliche Bildung' moest er voor gewaakt worden dat:

die Methode in dem Streben nach einer zwecklosen und missverstandenen Popularität sich ... einer niedrigen, völlig ungebildeten Fassungskraft anzustrengen [sucht], [und] dass dabei Wesen und Würde der Wissenschaft selbst zu grunde geht.<sup>76</sup>

Deze optimistische synthese van wetenschap en volksopvoeding was kenmerkend voor filantropijnse pedagogiek die Prechtl was toegedaan. Deze pedagogiek vormde het ideologisch fundament van het gehele vroege Oostenrijkse en Duitse polytechnische onderwijs, maar in het bijzonder van het vak speciale technische chemie.

De hierboven geschetste tegenstellingen en spanningen zouden de verdere onderwijsgeschiedenis van het speciale technische chemie bepalen. Prechtl had het Meissner bepaald niet makkelijk gemaakt, maar minstens zo belangrijk was dat weldra zou blijken dat Meissner heel andere opvattingen koesterde ten aanzien van de didactiek. Daardoor nam het chemisch onderwijs in Wenen een wending die door Prechtl niet werd gewenst.

Meissners opleiding tot chemicus had een voor die tijd gebruikelijk patroon gevolgd. Vanaf 1793 tot 1797 was hij in de leer bij een apotheker, waarna hij besloot om chemie te studeren aan de Weense universiteit. In 1797 en 1798 volgde hij medische, chemische en farmaceutische colleges, onder andere bij J.F. von Jacquin. Na op verschillende plaatsen in apotheken gewerkt te hebben, vestigde hij zich in 1804 als apotheker in Kronstadt. Zijn zaak bouwde hij in feite uit tot een chemisch-farmaceutische fabriek, want hij leverde op grote schaal chemische en farmaceutische preparaten aan de overige apotheken in zijn land (Zevenburgen). Als 'chymist' (fabrikant van chemicaliën) deed hij zo een grote ervaring op met chemische laboratoriumoperaties en het was aan die kwaliteiten te danken dat hij in 1815 zijn benoeming tot 'Adjunkt' van Prechtl kreeg.<sup>77</sup>

In tegenstelling tot Prechtl zag Meissner zichzelf primair als chemicus. Dit had

een belangrijke consequentie voor zijn ideeën met betrekking tot het onderwijs in de technische chemie. Voorop stond voor Meissner de structuur van de chemie als discipline. Een leraar technische chemie mocht, zijns inziens, geen wetenschappelijke begrippen bij zijn gehoor bekend veronderstellen en moest er voor zorgen dat alles wat hij behandelde herleid werd tot de grondslagen van de chemie. Met het eerste deel van Meissners stellingname zou Prechtl kunnen instemmen, het tweede deel echter betekende een radicale breuk met Prechtls didactiek. Meissner koos ervoor in zijn colleges speciale technische chemie eerst de grondbeginselen te behandelen, zodat hij daar later naar verwijzen kon.<sup>78</sup>

Op de achtergrond speelde er een andere kwestie, die hier ten nauwste verband mee hield. In de ogen van Meissner bestond er een duidelijke hiërarchie tussen de twee chemische leerstoelen. De leerstoel algemene technische chemie was volgens hem de belangrijkste van de twee. Hoezeer Prechtl ook de gelijkwaardigheid van beide vakken benadrukte, hetgeen vanuit diens opvattingen begrijpelijk is, Meissner kon hiervan niet overtuigd worden.<sup>79</sup> Toen in de herfst van 1817 niet Meissner maar Scholz de leerstoel algemene technische chemie toegewezen kreeg, voelde Meissner zich gepasseerd. Het resultaat was een hevig conflict tussen Prechtl en Meissner, dat zich jaren zou voortslepen en in feite nooit tot een oplossing kwam.<sup>80</sup>

Dit conflict bereikte een tweede hoogtepunt toen Meissner in 1819 de eerste band van zijn - uiteindelijk zeer omvangrijke - leerboek publiceerde. Reeds uit de titel van dit leerboek, dat 'zur Grundlage seiner ordentlichen und ausserordentlichen Vorlesungen' diende, bleek dat Meissner zich in het geheel hield niet aan zijn leeropdracht en aan het plan van Prechtl uit 1815 om monografieën over specifieke bedrijfstakken te (laten) schrijven. Meissner noemde zijn boek een *Handbuch der allgemeinen und technischen Chemie*, en gaf het als tweede benaming de titel *Anfangsgründe des chemischen Theiles der Naturwissenschaft* mee. De gistingsschemie, de leerlooierij, de zeepziederij en de ververij, waarin hij zijn studenten moest examineren, werden weliswaar kort in dit boek behandeld (en pas in de delen die omstreeks 1830 verschenen) maar deze behandeling had weinig van doen met de gedetailleerde praktische aanpak die door Prechtl was voorzien. Meissner sloot, hoewel op eigenzinnige wijze, geheel aan bij de intern-chemische systematiek van de algemene chemische leerboeken.<sup>81</sup>

In het 'Vorbericht' van de eerste band verdedigde Meissners zijn aanpak. De 'doppelte Aufgabe' van zijn vak, om zowel 'absolvirte Schüler des ersten Jahrganges' te onderwijzen in de toepassingen van de chemie, als de 'oft bloss praktische Künstler und Gewerbsmann' de eerste beginselen van de theoretische chemie bij te brengen, ervoer hij als een grote last.<sup>82</sup> Meissners uitweg uit dit dilemma is hier boven reeds aangeduid: hij koos, onder verwijzing naar de gebrekkige voorkennis van de ambachtslieden en fabrikanten, voor een oplossing die erop neerkwam dat zijn onderwijs voor een groot deel uit een behandeling van de algemene chemie bestond.

Meissner opvattingen spoorden zo volledig met die van Prechtls vroegere tegenstander Gerstner, die immers ook gepleit had voor het handhaven van een

strengere logische opbouw, waarin eerst de algemene en dan pas de speciale technische chemie aan de orde zou worden gesteld. Didactische redenen, legitimatie en carrière-strategie waren hier overigens eng vervlochten. Vanaf de herfst van 1817 liet Meissner geen poging onbenut om aan te tonen dat eigenlijk hijzelf op de leerstoel algemene technische chemie had moeten worden benoemd. De publicatie van zijn leerboek, welke het bewijs moest leveren dat hij de algemene chemie grondig beheerste, was een onderdeel van deze strijd.<sup>83</sup>

Meissners handelwijze leidde tot de zeer onbevredigende toestand dat de algemene (technische) chemie in Wenen in feite dubbel gegeven werd. Reeds in het begin van 1818, en wederom na het verschijnen van het eerste deel van zijn leerboek, kreeg Meissner dienstbevelen om zich te houden aan zijn leeropdracht en zijn lessen te geven in overeenstemming met het organisatieplan van de school. Deze dienstbevelen sorteerden weinig effect. Meissner ging in de tegenaanval, waarbij hij Prechtls organisatieplan bekritiseerde en pleitte voor één ongedeelde leerstoel in de 'technische chemie'. In het onderwijs zelf veranderde er ondertussen weinig. Er ontstond een situatie waarin, volgens Prechtl:

de (gewone) leerlingen die eerst het college algemene technische chemie volgden, .. een deel van de stof nog een keer [krijgen] en dan niets nieuws [horen]; de (gewone) leerlingen die dit vak nog niet volgden, krijgen een theoretische inleiding die niet grondig genoeg is; en de (buitengewone) leerlingen die zich vooral voor de technische chemie interesseren worden door de louter theoretische inleiding afgeschrikt.<sup>84</sup>

De benoeming van Scholz tot directeur van de keizerlijk-koninklijke porcelein-, spiegelglas- en blauwselfabrieken gaf Meissner in 1825 een nieuwe mogelijkheid benoemd te worden op de leerstoel algemene technische chemie. Een hevige strijd met Prechtl, die zich tegen deze benoeming verzette, leidde in 1826 uiteindelijk tot een compromis waaruit Prechtl als de formele en Meissner als de feitelijke winnaar te voorschijn kwam. Meissners voorstel om de twee leerstoelen samen te voegen werd door de verantwoordelijke *Studienhofkommission* niet overgenomen. Evenmin kreeg Meissner de formele benoeming tot hoogleraar in de algemene technische chemie. De taak om het onderwijs in dit vak te geven kreeg hij echter wel. Er werd een 'voorlopige' regeling getroffen, die tot een betrekkelijk absurde situatie leidde: de leerstoel algemene technische chemie bleef onbezet, Meissner bleef in naam hoogleraar in de speciale technische chemie, maar gaf in feite de colleges in de algemene technische chemie, en zijn 'Adjunkt' Dr. J.R. Joss, die geen benoeming tot hoogleraar kreeg, werd met het onderwijs in de speciale technische chemie belast.<sup>85</sup>

Prechtl kwam uit deze conflicten niet ongeschonden tevoorschijn. Vanaf 1827 initieerde de Oostenrijkse regering onderzoeken naar de organisatie van het polytechnische instituut en formuleerde regelmatig voorstellen tot hervormingen. Pas in 1842, jaren nadat er aan de Duitse polytechnische scholen reorganisaties waren doorgevoerd, stemde Prechtl met enige hervormingen in.<sup>86</sup> Dit maakte ook de weg vrij de 'voorlopige' regeling die in 1826 in het chemische onderwijs getroffen was, te beëindigen. In 1843 benoemden de Weense autoriteiten Meissner

ook formeel tot hoogleraar in de algemene technische chemie. De leerstoel speciale technische chemie ging naar A. Schrötter, voorheen hoogleraar chemie en fysica aan het Joanneum te Graz, een met de polytechnische scholen vergelijkbare instelling.

Er is weinig bekend over het onderwijs in de speciale technische chemie tussen 1826 en 1843. Waarschijnlijk werd het gegeven in Prechtls geest. Dit werd althans door Meissner zelf beweerd in 1844 en in ieder geval kreeg Joss de duidelijke instructie zijn onderwijs in te richten volgens het oorspronkelijke organisatieplan.<sup>87</sup> De examens in de vier takken van de speciale technische chemie werden jaarlijks afgenomen.<sup>88</sup> Uit een verslag van de Amerikaanse chemicus J.C. Booth van een bezoek aan het laboratorium in 1834, blijkt dat aan Prechtls opzet in hoofdzaak werd vastgehouden:

Visited the laboratory and was pleased to find the ideas I had conceived carried into effect. Here was 10 or 12 ovens on a large scale for performing operations, precisely as carried on in the large way - viz. a distillery, sugar-refinery, & c. in which the students are exercised and thus made acquainted with theory and practice. In the room connected with the laboratory are the chemicals and many raw and manufactured articles.<sup>89</sup>

De operaties op grote schaal, gemodelleerd naar bestaande bedrijfstakken, maken duidelijk dat het hier ging om een bezoek aan het laboratorium voor speciale technische chemie. Terwijl het praktische laboratoriumonderwijs in de algemene technische chemie in het slop was geraakt, oefenden de studenten zich tijdens het practicum speciale technische chemie (soms) wel in de bereiding van zetmeel, wijn, bier, brandewijn, azijn en zeep en in het verven en drukken van textiel.<sup>90</sup> Toch werd ook dit praktische onderwijs blijkbaar niet regelmatig gegeven want de Weense 'waarnemend adjunct-professor' J.J. Pohl, die als assistent van Schrötter in 1851 met het onderwijs in de speciale technische chemie werd belast, schreef terugkijkend op de periode-Meissner/Joss afkeurend:

so blieb dieser höchst wichtige Theil des chemischen Unterrichtes dennoch bis zur neuesten Zeit ungeregelt und der Willkür der betreffende Professoren überlassen.<sup>91</sup>

Meissners visie dat eerst een grondige theoretische studie afgerond diende te worden, voordat de eerste schreden in het laboratorium konden worden gezet, was ver verwijderd van het Verlichtingspedagogische 'learning by doing' van Fourcroy (en Prechtl). Aan de bepaling uit de oprichtingsacten van de school dat 'den-jenigen, welke sich in der Chemie weiter ausbilden wollten als diess durch blosser theoretischen Studien möglich sei, Gelegenheit gegeben *sollte*, in den chemischen Laboratorien des Institutes selbst praktisch zu arbeiten', hield hij - zo blijkt uit het voorgaande - maar heel gedeeltelijk de hand.<sup>92</sup>

De komst van Schrötter luidde in 1843, zoals in de volgende hoofdstukken duidelijk zal worden, het begin van een nieuw tijdperk in. Hij vertegenwoordigde een nieuwe visie op het chemische onderwijs, die afweek van zowel de ideeën van Prechtl als van die van Meissner. Schrötter wist te bereiken dat Meissner binnen

twee jaar 'eervol', maar gedwongen, ontslag werd verleend. De afzonderlijke leerstoelen in de algemene en de speciale technische chemie werden toen opgeheven. De verantwoordelijkheid voor beide vakken en de leiding over de twee bestaande laboratoria kwamen uitsluitend in de handen van Schrötter te liggen. Dit betekende, ofschoon het onderwijs in de speciale technische chemie nog een tiental jaren op het programma bleef staan, in feite het einde van Prechtl's leerplan op het gebied van de chemie. Een fase uit de geschiedenis van het technisch-chemische onderwijs, gekenmerkt door een poging tot 'eenheid van theorie en praktijk' en door de complexe verhouding tussen de algemene en de speciale technische chemie, was voorbij. De disciplinair-chemische optiek zegevierde definitief over de technologische en pedagogische benaderingswijze, hoewel op een andere wijze dan Meissner zich dit had voorgesteld.<sup>93</sup>

## 5.4 De 'chemie-studenten'

Ondanks de conflicten tussen Prechtl en Meissner, waar ook Scholz onvermijdelijk bij betrokken was, werd het onderwijs in de technische chemie goed bezocht. Tot in de tweede helft van de negentiende eeuw bleef het Weense polytechnicum de grootste polytechnische school in Oostenrijk en Duitsland en ook het bezoek aan de chemische colleges was, voorzover bekend, van een grotere omvang dan elders.<sup>94</sup> In totaal konden de leerlingen in Wenen twee chemie-colleges volgen en vijf daarbij aansluitende examens doen: een examen in de algemene technische chemie en vier in de verschillende onderdelen van de speciale technische chemie. De aantallen studenten die een of meer examens aflegden of colleges volgden staan vermeld in tabel 5.1.

In de tweede en de derde kolom staan respectievelijk het totale aantal studenten van het polytechnische instituut en dat van de technische afdeling vermeld. De vierde en vijfde kolom vermelden de aantallen bezoekers van het college algemene technische chemie (studenten + toehoorders), respectievelijk het aantal dat het examen aflegde. In de zesde kolom is het bezoek van het college speciale technische chemie aangegeven. De laatste zes kolommen vermelden achtereenvolgens: het aantal studenten dat een of meer van de vier examens speciale technische chemie aflegde, de examinandi op het gebied van de gistingschemie, de lederbereiding, de zeep- en kaarsenfabricage, de ververij, blekerij en katoendrukkerij en, tenslotte, de examinandi die in een bepaald jaar alle vier de examens in dit vakgebied aflegden.

De enorme groei die de Weense polytechnische school in korte tijd doormaakte blijkt duidelijk uit deze tabel. Bezien we de studentenaantallen voor het vak algemene technische chemie, dan valt op dat deze, in grote lijnen, hetzelfde verloop kenden als de aantallen voor de 'technische afdeling' en de school als geheel. Vanaf 1826 zijn de aantallen studenten in de kolommen (2)-(4) van de tabel in min of meer constant. Het aantal studenten dat het college algemene

chemie bezoekt is in die jaren ongeveer 19% van het aantal studenten in de technische afdeling. In de opbouwfase van het onderwijs, toen de andere technische vakken nog niet alle gegeven werden, was het aandeel van de chemie veel groter. In 1818 en 1819 bezocht ongeveer 40% van de studenten in de technische afdeling het college algemene technische chemie. Voor de jaren 1820 tot en met 1822 was dit percentage 28%, in 1823 33% en in 1824 en 1825 23%.<sup>95</sup>

Tabel 5.1: *Studentenaantallen alle richtingen en chemie Wenen, 1818-1830.*

Jaar	Totaal polyt.	Technische Abth.	Algem. Chemie		Specielle technische Chemie						
			coll.	exam.	coll.	examen					
						één	gisting	looierij	zeepzd.	ververij	alle vier
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
1818	403	105	42	16	16						
1819	515	195	83	17	22	21	13	5	11	10	3
1820	574	243	69	17	31	14	8	5	5	5	1
1821	692	346	101	38	26	19	7	2	7	5	0
1822	760	404	110	41	33	21	10	7	12	8	4
1823	780	430	143	41	31	18	11	5	9	6	3
1824	752	413	97	29	27	11	6	4	4	7	3
1825	761	422	98	27	23	16	10	6	11	14	6
1826	727	392	77	27	26	17	8	3	8	7	3
1827	741	393	73	22	21	17	10	7	10	12	6
1828	717	390	75	23	21	17	12	4	7	8	4
1829	747	395	74	17	25	15	8	2	6	5	2
1830	727	385	70	21	24	13	9	4	6	11	3

Opm.: De cijfers in de kolommen 2 en 3 hebben alleen betrekking op de ingeschreven ('immatrikulierte') studenten. De studentenaantallen in de kolommen 4 en 6 hebben betrekking op het collegebezoek ('Frequenz') van zowel de gewone, ingeschreven, studenten als van de 'gasten' en toehoorders. Hantschk geeft voor de jaren 1819, 1823 en 1825 ook de getallen voor het collegebezoek van de colleges algemene en speciale technische chemie. Vooral m.b.t. 1819 en 1823 vermeldt Hantschk een beduidend hoger collegebezoek speciale technische chemie dan Pohl (34 studenten in 1819 en 40 in 1823). De overige cijfers wijken weinig af (Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 332).

Bron: Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 476 (kolom 2-3); en Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851) (kolom 4-12).

De globale parallelie tussen de studentenaantallen in de technische afdeling en de bezoekersaantallen van het college algemene technische chemie wijst erop dat voor de daling van de aantallen collegebezoekers vanaf 1823, waarschijnlijk algemene factoren verantwoordelijk moeten worden gesteld en niet bepaalde specifieke gebeurtenissen, zoals de opvolging van Scholz door Meissner (1825). Een mogelijke verklaring voor de teruggang in beide reeksen studenten-aantallen vormt de algemene economische depressie die in 1822 inzette en in de jaren 1824 tot 1826 verder verergerd werd door een diepe crisis in de landbouw.<sup>96</sup> De samenhang tussen de economische conjunctuur en de studentenaantallen zou in de geschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs een steeds terugkerend gegeven blijven.<sup>97</sup>

Slechts ongeveer 30% van de studenten die het college algemene technische chemie bezochten, legde ook het bijbehorende examen af. Of dit juist de studenten waren die vervolgens in de zesde kolom als bezoekers van het speciale technische chemie staan genoteerd, is op basis van de beschikbare gegevens niet uit maken. Toen in de loop van de jaren 1840 een meer geregeld studieverloop voor de 'chemische richting' ontstond, was het inderdaad zo dat 'die Mehrzahl der Schüler der speciellen Chemie .. auch die Vorlesungen über allgemeine Chemie ... besucht[e]'.<sup>98</sup> In de beginperiode evenwel, nam een groot aantal toehoorders aan Meissners colleges deel, zoals hierboven is aangegeven.

De studentenaantallen voor het vak algemene technische chemie mogen niet als indicator gebruikt worden voor het aantal studenten dat zich voorbereidde op een 'chemisch beroep'. Het college was voor studenten van alle richtingen bedoeld en werd bijvoorbeeld door toekomstige ingenieurs en werktuigkundigen bezocht.

Dit lag anders bij de speciale technische chemie. Dat vak was bestemd voor personen die zich werkelijk voorbereidden op een beroep in de chemische sector. De tabel geeft een inzicht in de verschillende chemische beroepsrichtingen waarin de leerlingen examen deden. Het meest populair was de bierbrouwerij en de daaraan gerelateerde onderwerpen. In de betreffende periode deden 112 personen een examen op dat terrein (kolom 8). Daarna kwamen, in volgorde van afnemende belangstelling, de zeepziederij (96 examens), de ververij (88 examens) en de leerlooierij (54 examens).

Het onderwijs in de speciale technische chemie was in Prechtls opzet nadrukkelijk volgens de bestaande bedrijfstakstructuur georganiseerd. Het examen-systeem onderstreept dit. Uit de tabel blijkt evenwel dat er verschillende leerlingen waren die zich op het gebied van de chemie breder oriënteerden, door examens af te leggen in meer dan één tak van de technische chemie. Vanuit de optiek van de relatie tussen de ontwikkeling van het polytechnische onderwijs en het ontstaan van het beroep van chemicus is dit een interessant gegeven. Hoe lagen de verhoudingen kwantitatief? Hoeveel van de leerlingen bereidden zich voor op een beroep binnen één ambachtelijk chemische sector, en hoeveel van de leerlingen ontwikkelden zich tot een 'technisch-chemische generalist'? Een kleine rekensom kan deze vragen beantwoorden.

Vergelijken we namelijk kolom 7 met de som van de kolommen 8 tot en met



11, dan blijkt dat er in de betreffende periode in totaal 350 examens afgenomen werden in de vier takken van de technische chemie, terwijl hieraan slechts 199 leerlingen deelnamen (kolom 7). Door 38 personen werd zelfs examen in alle vier de vakken afgelegd (kolom 12).<sup>99</sup> Het is eenvoudig te berekenen dat minimaal 19 tot maximaal 37 leerlingen examen gedaan moeten hebben in twee of drie takken van de speciale technische chemie. Hieruit volgt dat minimaal 124 leerlingen slechts in één technisch-chemisch specialisme examen deden (maximaal 142), en dat maximaal 75 leerlingen geëxamineerd werden in twee of meer onderdelen van dit vak (minimaal 57). De ambachtelijke 'specialisten' waren dus in de meerderheid.

Dit is een belangwekkende uitkomst, omdat eruit blijkt dat in de hier aan de orde zijnde periode het vak speciale technische chemie niet alleen volgens de plannen van Precht, maar ook *de facto* voornamelijk ten dienste stond van de bestaande bedrijfstakstructuur. Dit typeert, zoals ik in het volgende hoofdstuk nader zal uitwerken, de situatie waarin de chemische scholing verkeerde in de beginjaren van het Duitse en Oostenrijkse polytechnische onderwijs. Speciale opleidingen voor 'Chemiker von Fach' ontbraken; het onderwijs richtte zich op de traditionele ambachten en beroepen.

Vanuit de 'vraagzijde' (de studenten) evenwel stond deze onderwijssituatie enigszins onder druk. Het is immers geen onbelangrijk gegeven dat uit de tabel blijkt dat maar liefst eenderde van de studenten (57 à 75) twee of meer examens deed. Wanneer we ons de grote verschillen realiseren tussen bedrijfstakken als de bierbrouwerij, de ververij en de zeepziederij, moeten we constateren dat dit een opmerkelijk verschijnsel is. Vanuit de toen bestaande beroepenstructuur lag het afleggen van meerdere examens bepaald niet voor de hand. Hoe deze situatie geïnterpreteerd moet worden, is op basis van de beschikbare gegevens moeilijk te zeggen. Vermoedelijk ging het om fabrikanten en om bedrijfsleiders in dienst van de Oostenrijkse adel. Leden van de adel bezaten regelmatig bedrijfscomplexen waar veel verschillende produkten werden gemaakt. Bidermann vermeldde in 1854 de functies van enige beroemde ('namhafter') leerlingen van de Weense en Praagse polytechnische school. In zijn opsomming komen voor: tien directeurs van mijnen en van ijzer- en staalfabrieken, zes bedrijfsleiders en eigenaars van bietsuikerfabrieken, drie katoendrukkers, een directeur van een suikerraffinaderij, een porseleinfabrikant en een 'Chemiker' in een porseleinfabriek.<sup>100</sup>

Het aantal van 3 tot 6 'all-round' technische chemici die jaarlijks in Wenen alle vier de examens aflegde moge klein zijn in vergelijking tot latere cijfers, gerelateerd aan de omvang van de toenmalige Oostenrijkse 'chemische nijverheid' was dit waarschijnlijk niet het geval. Aan de andere polytechnische scholen in Duitsland was het aantal 'chemie-studenten', zoals ik in het volgende hoofdstuk zal laten zien, zeker niet groter.

## 5.5

### De betekenis van Prechtl

Hoewel het conflict tussen Meissner en Prechtl heeft laten zien dat het onderwijs aan de Weense polytechnische school, mede door de tegenstrijdige ambities die Prechtl zelf koesterde, niet het verloop nam dat hij graag had gewenst, kan zijn betekenis voor het Duitse polytechnische onderwijs moeilijk overschat worden.

Door Prechtls toedoen kwam aan een bijna twintig jaar durende periode van onduidelijkheid aangaande de richting die bij het technische nijverheidsonderwijs ingeslagen moest worden, een eind. Als eerste directeur van het Weense *polytechnische Institut* bracht hij deze instelling tot grote bloei en stelde daarmee een voorbeeld dat in geheel Duitsland bewonderend bekeken en nagevolgd werd. Het schooltype dat hij creëerde week in veel opzichten van het zogenaamde Parijse 'voorbeeld' af. Een vergelijking tussen het huidige hoofdstuk en het vorige moge dat duidelijk maken.

Terwijl de overgang van een Verlichtingspedagogische naar een streng-wetenschappelijke didactische rechtvaardiging van het onderwijsprogramma zich in 1815 aan de *École polytechnique* reeds voltrokken had, gaf Prechtl in Wenen de Verlichtingspedagogische idealen opnieuw elan. Ook dit aspect van zijn werkzaamheid werd door de andere polytechnische scholen overgenomen. In het volgende hoofdstuk zal ik laten zien dat ideeën als de eenheid van theorie en praktijk en de 'wetenschappelijke' vorming van de 'gewone man' de beginperiode van het Duitse polytechnische onderwijs beheersten. Het idee dat deze scholen hoogopgeleide wetenschappelijk-technische specialisten zouden moeten vormen was toen in Duitsland, anders dan in Frankrijk, nog geheel afwezig. Het is met name Prechtl geweest die zich tegen zo'n elitaire benadering in het technische onderwijs voortdurend heeft verzet.

Tegelijkertijd heeft Prechtls confrontatie met Meissner en Gerstner laten zien, dat zijn benadering van de relatie tussen wetenschap en praktijk ook op tegenstand stuitte. Binnen zijn eigen instituut werd duidelijk dat Prechtls didactische aanpak zich niet met de eisen van een strakke logische presentatie van de chemische leerstof verdroeg, althans door degenen die zich met zo'n disciplinaire benadering identificeerden niet werd geaccepteerd. Voor de pedagoog en technoloog Prechtl stonden het leerproces van zijn leerlingen en de praktische problemen van de Oostenrijkse nijverheid centraal, niet de interne structuur van de verschillende leervakken. Voor de chemicus en farmaceut Meissner lag dit precies omgekeerd.

Ook elders bevond vooral het onderwijs in de speciale technische chemie zich in dit spanningsveld. Verschillende docenten die dit vak moesten geven waren, vooral na 1830, de pleitbezorgers voor algemeen chemisch onderwijs, dat in hun ogen op alle mogelijke toepassingen zou voorbereiden. De verdedigers van het beroeps- en toepassingsspecifieke onderwijs kwamen vaak van buiten de discipline. In Wenen, bijvoorbeeld, waren het Prechtl, de keizer en de leden van de *Hofkammer* die een 'praktische oriëntatie' van het onderwijs wenselijk achtten en in Stuttgart kwam het initiatief om een college speciale technische chemie te

starten van de zijde van de 'Landtag' en de *Gewerbeförderungs-Gesellschaft*.<sup>101</sup> De Stuttgartse docent scheikunde Degen was echter tegen een aparte behandeling van de afzonderlijke bedrijfstakken los van de 'chemische Grundsätze'. Ook de als adviseur ingeroepen C.G. Gmelin, hoogleraar chemie aan de medische faculteit te Tübingen, sprak zich uit tegen een splitsing van de chemie in een 'algemeen' en een 'toegepast' gedeelte:

weil die allgemeine Lehren in der Chemie zu sehr im zusammenhang stehen als dass sich für jedes einzelne Gewerbe eine besondere allgemeine Chemie darstellen liess, abgesehen davon, dass die ständige Wiederholung für den Lehrer höchst ermüdend werden müsste.<sup>102</sup>

Het feit dat verscheidene leraren zich tegen een bedrijfstaksgewijze aanpak van het chemische onderwijs keerden, zorgde ervoor dat Prechtls 'speciale technische chemie' in een kwetsbare positie kwam. Gedurende een twintigtal jaren had Prechtls concept een grote invloed op het Duitse en Oostenrijkse polytechnische onderwijs, maar toen na 1830 een tweede generatie chemiedocenten aantrad nam het verzet ertegen toe.<sup>103</sup> Toen Liebig de polytechnische scholen in 1840 onder vuur nam omdat daar gepoogd zou worden 'Seifensieder, Branntweinbrenner oder Schwefelsäure-Fabrikanten aus Kindern zu bilden', bekritiseerde hij dan ook een praktijk die reeds aan het verdwijnen was.<sup>104</sup> De episode-Prechtl was toen voorbij.

In de volgende hoofdstukken zal aan de orde komen hoe deze vervanging van Prechtls technologische aanpak door een disciplinaire benadering geschiedde. Voor ik dat doe, laat ik echter in het volgende hoofdstuk zien dat vóór 1830 ook de meeste andere Duitse staten ertoe overgingen polytechnische scholen op te richten en dat zij daarbij hun ideeën met betrekking tot het chemische onderwijs grotendeels ontleenden aan het voorbeeld dat Prechtl had gesteld.



## AMBACHTSLIEDEN, FABRIKANTEN EN INGENIEURS: HET POLYTECHNISCHE CHEMISCHE ONDERWIJS VOOR 1830

Tussen 1815 en 1830 werden in de meeste grote Duitse staten polytechnische scholen, of daarmee vergelijkbare instellingen opgericht. Hoewel de succesvolle start van het Weense polytechnische instituut de definitieve impuls tot de verbreding van dit schooltype vormde, was het schooltype zelf een van de produkten van de politiek roerige periode 1790-1815. In die jaren verkeerde het Duitse onderwijs in een toestand van voortdurende verandering en reorganisatie.

De overwinning van Napoleon op de Duitse vorsten had tussen 1803 en 1806 een immense territoriale herverkaveling van het Duitse grondgebied tot gevolg, waarbij ruim driehonderd autonome staten tot enkele tientallen werden teruggebracht. In het zuiden en het zuid-westen van het Duitse rijk kwamen enkele grote staten - Beieren, Württemberg en Baden - in de plaats van de voorheen bestaande territoriale versnippering. Voor het onderwijs hadden deze politieke veranderingen grote gevolgen. De nieuwe machthebbers maakten een begin met een nationale onderwijspolitiek, die orde moest scheppen in de verscheidenheid aan schooltypen die zij binnen hun jonge grenzen aantroffen. Dit moest bijdragen tot de vorming van een nationaal bewustzijn in deze recent gevormde staten. Nieuw opgerichte scholen voor staatsbeambten - militaire academies, ingenieurscholen en bos- en mijnbouwscholen - dienden hetzelfde doel. Verschillende kleine universiteiten werden opgeheven, of met andere samengevoegd.<sup>1</sup>

Ook de sociale onrust zorgde, zoals in hoofdstuk 3 is gebleken, voor turbulente tijden op onderwijsgebied. De filantropijnen en de neohumanisten stelden, ieder op hun manier, de traditionele standsindeling binnen het onderwijs ter discussie. De neohumanisten richtten hun pijlen bij uitstek op de oude scheidslijn tussen de adel en de (hogere) burgerij. 'Bildung' in plaats van afkomst diende voortaan de maatschappelijk carrière van de staatsburgers te bepalen. De filantropijnen waren vanuit hun nuttigheidsfilosofie tot de vergelijkbare conclusie gekomen, dat de gebruikelijke standsindeling een rem betekende op de maatschappelijke vooruitgang. Met name de scheidslijn tussen de geleerde en de handwerksman diende te worden geslecht. Theorie en praktijk, hoofd- en handarbeid, moesten samen gaan. Onder invloed van beide pedagogische stromingen zagen tussen 1790 en 1815 talloze nieuwe 'Realschulen', hogere burgerscholen, handelsscholen, 'Realgym-

nasia', hervormde gymnasia, landbouw-, bosbouw- en polytechnische scholen het licht.

Verschillende van deze nieuwe schooltypen bleven gedurende de rest van de negentiende eeuw bestaan. Zij behoren tot de definitieve verworvenheden van de revolutionaire en de Napoleontische tijd. Eén ervan is de 'polytechnische school'. In de historiografie is de stabiliteit van het polytechnische schooltype, vooral in het voetspoor van de studies van Schnabel en Manegold, geïnterpreteerd als een gevolg van de neohumanistische hervormingen van het Duitse universitaire systeem. Het ideële, op ongebonden wetenschapsbeoefening en geleerde vorming gerichte universiteitsconcept van de neohumanisten maakte, volgens deze opvatting, dat het technische onderwijs van de universiteiten werd verdreven en zijn heenkomen moest zoeken in aparte polytechnische scholen. De 'zuivere' wetenschapsbeoefening en haar toepassingen dienden gescheiden te zijn.<sup>2</sup>

Deze opvatting is grotendeels onjuist. Nog tot omstreeks 1870 waren technische leerstoelen aan vrijwel alle Duitse universiteiten verbonden en behoorde, vooral in de Zuidduitse staten, het opleiden van hogere technici tot de kerntaken van de universiteit.<sup>3</sup> De laat-negentiende eeuwse taakverdeling tussen de universiteit en de 'Technische Hochschule', waarbij de eerste het terrein van de 'Wissenschaft', de tweede dat van de 'Technik' bestreek, is door Schnabel, Manegold en hun navolgers op de vroegere periode teruggeprojecteerd. Zelfs in het Habsburgse rijk en in Baden, waar te Praag, Wenen en Karlsruhe polytechnische scholen werden gesticht die reeds vanaf hun oprichting trekken vertoonden van een 'technische universiteit', werden de technische en 'toegepaste' vakgebieden niet geheel van de universiteiten verdreven.<sup>4</sup> In de andere Duitse staten vervulden, naast de 'vakakademies' zoals de bos- en mijnbouwscholen, zowel de universiteiten als de polytechnische scholen hun eigen rol op het gebied van het technische onderwijs. Pogingen om het technische onderwijs aan de universiteiten zelfs verder uit te breiden, vonden onder invloed van de gebeurtenissen van 1848 plaats.<sup>5</sup> Dit waren tevens de laatste pogingen. Na het mislukken van deze revolutionaire voorstellen werden tussen 1850 een 1870 steeds meer onderdelen van het technische onderwijs van de universiteiten naar de polytechnica verplaatst.<sup>6</sup>

Terwijl tussen 1790 en 1815 het karakter van de universiteiten voortdurend in discussie was geweest en de grenzen tussen het universitaire onderwijs en de speciale vakscholen - zowel in sociale zin als wat betreft het vakkenaanbod - onscherp waren geweest, kwam er na de beëindiging van de Napoleontische oorlogen geleidelijk een duidelijke taakverdeling tussen de universiteiten en de polytechnische scholen tot stand. Deze volgde in de meeste Duitse staten niet de grenslijn tussen 'de wetenschap' en 'de techniek' (zoals Manegold beweerde), maar - op het gebied van de natuurwetenschappen en de techniek - die tussen de staats- en de nijverheidssector. Technici voor de staatsdienst werden - behalve in Oostenrijk en Baden (§ 6.1) - aan de universiteiten en 'vakakademies' opgeleid. Ambachtslieden, fabrikanten en technici voor de particuliere sector gingen naar de polytechnische school.<sup>7</sup> Binnen de toen geldende maatschappelijke verhoudingen betekende dit meer dan het ontstaan van een functionele taakverdeling alleen. Het

was een teken dat essentiële kenmerken van de achttiende eeuwse standenmaatschappij onder de na 1815 gewijzigde politieke verhoudingen, weer een kans kregen.<sup>8</sup>

Verschillende onderwijsvernieuwingen uit de Napoleontische tijd overleefden de restauratieve politiek van de naoorlogse periode niet. In Beieren zorgden conservatieve katholieken er reeds in 1816 voor dat de zowel voor toekomstige staatsbeambten als voor 'nijverheidsburgers' bestemde 'Real-Institute' te Augsburg en Neurenberg opgeheven werden, en het gymnasium weer de exclusieve route werd naar de universiteit.<sup>9</sup> Terwijl nog in 1812 de toelating van fabrikanten, destillaateurs en ververs tot de Weense universiteit een reële optie was geweest, wees de meerderheid van de senaat van de universiteit te Giessen in 1825 Liebig's verzoek om zijn particuliere farmaceutisch-chemische instituut aan de universiteit te verbinden, af met het argument dat 'die Aufgabe der Universität [bekanntlich] die [Heranbildung] künftiger Staatsdiener [ist]', zodat deze instelling zich verre diende te houden van 'die Ausbildung der Apotheker, Seifensieder, Bierbrauer, Likörfabrikanten, Färber, Essigsieder, Droguisten und Spezereikrämer'.<sup>10</sup>

Hand in hand met de opkomst van het 'Bildungsbürgertum' wonnen dit soort ideeën gedurende de Restauratie (1815-1830) steeds meer veld. Desondanks behielden de Verlichtingspedagogische denkbeelden van een man als Prechtel, die een gemeenschappelijk onderwijs aan ambachtslieden, fabrikanten en staatstechnici had bepleit, nog tot het einde van de jaren 1820 hun invloed. Het revolutiejaar 1830 luidde echter, zoals ik in het volgende hoofdstuk zal laten zien, een nieuwe periode in: de toegang tot de technische staatsdienst werd, strenger dan voorheen, van een afgesloten gymnasiale opleiding afhankelijk gesteld en het onderwijs aan ambachtslieden en dat aan fabrikanten werd van elkaar gescheiden. De jaren tot 1830 vormden daardoor een episode in de geschiedenis van het polytechnische onderwijs met een geheel eigen karakter. Aan het onderzoek van die periode is dit hoofdstuk gewijd.

Na een korte behandeling van de oprichting van de eerste polytechnische scholen in het Duitse taalgebied, richt ik mijn aandacht in de daarop volgende paragrafen op de doelstellingen en inrichting van het onderwijs in de chemie. De in het vorige hoofdstuk besproken ontwikkelingen aan de Weense polytechnische school worden zo in een breder, Duitsland, Zwitserland en Oostenrijk omvattend, perspectief geplaatst. Daarbij zal blijken dat het begrip 'polytechnische school' aanvankelijk een verre van eenduidige inhoud had.

Het centrale thema bij de behandeling van het chemische onderwijs aan de polytechnische scholen zal de relatie zijn tussen dit onderwijs en het ontstaan van het beroep van chemicus. Hetzelfde vraagstuk heb ik in hoofdstuk 4 aan de orde gesteld, waarbij de conclusie was dat de *École polytechnique* in de jaren voor 1830 geen (beroeps)opleiding voor chemici kende. In de volgende paragrafen wordt deze thematiek voor de Duitse situatie onderzocht. Daarbij gaat het enerzijds om de vraag in hoeverre de opleiding van chemici tot de intenties van de oprichters en bestuurders van deze scholen behoorde, anderzijds om de feitelijke

effecten van de gerealiseerde curricula. Constitueerde zich, wellicht onbedoeld, een chemische beroepsgroep op basis van een voltooide polytechnische opleiding, of stond de inrichting van het onderwijsprogramma de vorming van zo'n langs disciplinaire lijnen georganiseerde beroepsgroep in de weg? Aan het einde van dit hoofdstuk zal ik op beide vragen terugkomen.

## 6.1. De eerste polytechnische scholen

De oprichting van de polytechnische scholen in Duitsland vond in een aantal fasen plaats. De vroegste initiatieven werden gedurende de eerste jaren van de negentiende eeuw ontplooid (tabel 6.1). Vanaf ongeveer 1810 volgden echter, onder invloed van de oorlogshandelingen en het daarmee gepaard gaande tekort aan geldmiddelen, enige jaren van stagnatie. Het einde van de Napoleontische oorlogen en het stichting van de Weense polytechnische school vormden de start van een tweede oprichtingsgolf. Deze werd sterk geremd door de aan het begin van de jaren 1820 optredende economische crisis. Enkele van de opgerichte instituten (Augsburg, Freiburg) sloten toen hun poorten weer. Met het gezonder worden van de staatsfinanciën in de verschillende Duitse staten in de tweede helft van de jaren 1820, steeg ook de mogelijkheid geld vrij te maken voor de bevordering van het technische onderwijs. Dit leidde tot een derde oprichtingsfase, die ongeveer tien jaar duurde.<sup>11</sup>

Het is opvallend dat de oudste polytechnische scholen in Duitsland vrijwel alle tot stand kwamen in oude industriële centra. Augsburg, Neurenberg, Wenen en Praag waren steden die reeds in de achttiende eeuw beschikten over een belangrijke exportindustrie, waarbij de textielindustrie een prominente plaats innam. Bij de eerste polytechnische scholen lag zodoende het accent op de handhaving van de concurrentiekracht van reeds geïndustrialiseerde bedrijfstakken en niet op een bewust overheidsbeleid om met behulp van dit onderwijs het zwaartepunt van de economie van de landbouw naar de industrie te verleggen.

Dit veranderde toen na 1815 overal in Duitsland de Britse concurrentie voelbaar werd. Verschillende maatschappelijke groeperingen bepleitten, zoals ik in het vorige hoofdstuk heb aangegeven, de oprichting van technische scholen en riepen hun landgenoten op het 'industriële Prinzip in sich aufzunehmen'. Toch moet niet uit het oog verloren worden dat de nijverheids- en onderwijspolitiek van lang niet alle grote Duitse staten op de bevordering van een moderne fabrieks-industrie was gericht. De Beierse overheid bijvoorbeeld trachtte het traditionele ambacht weerbaar te maken tegen de concurrentie van de Engelse industrie.<sup>12</sup>



**Tabel 6.1:** *Polytechnische scholen en daarmee vergelijkbare instellingen in het Duitse taalgebied: oprichtingsdata, plannen tot oprichting en reorganisaties, 1803-1829.*

Jaar	Plaats	Staat	Naam
1803	Praag	Oostenrijk	<i>Polytechnisches Institut</i>
1808	Karlsruhe	Baden	'Polytechnische Lehranstalt'
1808?	Würzburg	Toscane (na 1814 Beieren)	<i>Polytechnische Schule</i> (ca. 1831?)
1808	Augsburg	Beieren	<i>Real-Institut</i> (1816)
1809	Neurenberg	Beieren	<i>Real-Institut</i> (1816)
1815	Wenen	Oostenrijk	<i>Polytechnisches Institut</i>
1817	Praag	Oostenrijk	<i>Polytechnisches Institut</i> (r)
1817	Berlijn	Pruisen	'Mathematisch-techn. Lehranstalt'
1817	Stuttgart	Württemberg	'Polytechnische Schule'
1817?	Düsseldorf	Pruisen	<i>Polytechnische Anstalt</i> (1837?)
1818	Freiburg i/B	Baden	<i>Polytechnisches Institut</i> (1822)
1818	Erfurt	Pruisen	'Mathematisch-naturwiss. Institut'
1821	Berlijn	Pruisen	<i>Technische Schule</i>
1822	Augsburg	Beieren	<i>Polytechnische Lehranstalt</i> (1823?)
1823	Neurenberg	Beieren	<i>Polytechnische Schule</i> (1867)
1823	Berlijn	Pruisen	'Polytechnisches Institut'
1825	Karlsruhe	Baden	<i>Polytechnische Schule</i>
1826/7	Berlijn	Pruisen	<i>Gewerbe-Institut</i> (r) (voorheen de <i>Technische Schule</i> )
1827	München	Beieren	<i>Polytechnische Central-Schule</i> (1868)
1827	Graz	Oostenrijk	<i>Joanneum</i> (r)
1828	Dresden	Saksen	<i>Technische Bildungsanstalt</i>
1828	Luzern	Zwitserland	<i>Polytechnische Lehranstalt</i> (ca. 1830?)
1829	München	Beieren	<i>Polytechnische Central-Schule</i> (r)
1829	Neurenberg	Beieren	<i>Polytechnische Schule</i> (r)
1829	Leipzig	Saksen	<i>Polytechnische Schule</i>
1829	Stuttgart	Württemberg	<i>Vereinigte Real- und Gewerbeschule</i>
1829?	?	Mecklenburg	'Polytechnisch instituut' (ca. 1830?)

Opm.: De namen van scholen die daadwerkelijk zijn opgericht (bijlage D) zijn cursief gedrukt. In de overige gevallen bleef het bij een mislukte oprichtingspoging (bijlage E). Scholen die vóór 1830 een naamswijziging of een belangrijke reorganisatie ondergingen zijn in het betreffende jaar (opnieuw) vermeld (zie (r)). Bij scholen die vóór 1870 werden opgegeven is achter de naam van de school tussen haakjes het sluitingsjaar aangegeven.

Bron: Bijlagen D en E.

Ook ten aanzien van de bevordering van de fabrieksnijverheid werden er door de Duitse staten geheel verschillende strategieën gevolgd. Zo was het Pruisische *Fabrikendepartement* er heilig van overtuigd dat een 'industrialisatie van onderaf' de beste perspectieven bood. De vorming van de 'soldaten' en 'onderofficieren' van het 'industriële leger' diende voorop te staan. Daartoe diende een landelijk stelsel van 'Provinzial-Gewerbeschulen', waar de werktuigkundige en chemische scholing van de lokale ambachtslieden en meesterknechten verzorgd werd. De scholing had tevens de taak een voorbereiding te zijn op een studie aan het *Gewerbe-Institut* te Berlijn. In Baden stond juist de 'industrialisatie van bovenaf', de scholing van 'officieren', centraal. Daar ging men er vanuit dat een efficiënte, rationele en wetenschappelijke leiding van fabrieken de beste resultaten beloofde. De geschoolde fabrikanten zouden de door hen opgedane kennis zelf binnen hun bedrijf aan de arbeiders en vaklieden dienen door te geven.<sup>13</sup>

Niet alleen de nijverheidspolitiek speelde bij de oprichting van polytechnische scholen een rol. Ook het belang van de staat om over hoog opgeleide ingenieurs en andere staatstechnici te beschikken, gaf een impuls aan het technische onderwijs. Vooral de noodzaak om na het einde van de Napoleontische oorlogen om te schakelen van een oorlogs- naar een vredeseconomie, vormde de aanleiding tot verschillende plannen om bestaande officersopleidingen te verbreden tot polytechnische scholen, die ook voor de burgerij van belang zouden kunnen zijn. Zo werd in Brunswijk de militaire academie in 1814 weer omgezet in het *Collegium Carolinum*, dat enkele jaren daarvoor de poorten had moeten sluiten. Pogingen in dezelfde richting mislukten in Stuttgart (1817) en Berlijn (1823).<sup>14</sup>

Na 1825 vond de oprichting van polytechnische scholen in Duitsland steeds vaker buiten de traditionele vroeg-industriële nijverheidscentra plaats. Naar het voorbeeld van Wenen, Berlijn en Karlsruhe kozen verschillende overheden voor de hoofdstad als vestigingsplaats. De polytechnische scholen werden zo tot centraal gelegen instituties van waaruit de vernieuwing van de ambachtsnijverheid, de vestiging van nieuwe industrieën en de eventuele vorming van staatsbeambten gestimuleerd en gecontroleerd konden worden.<sup>15</sup> Van een werkelijk groot-scheepse industrialisatie was aanvankelijk echter nog geen sprake. Manegold merkt terecht op dat de oprichting van deze scholen vóór de 'take-off' fase van de Duitse 'industriële revolutie' viel.<sup>16</sup> De implicaties die dit had voor het Duitse industrialisatiepatroon zullen in de volgende hoofdstukken nog verschillende malen ter sprake komen.

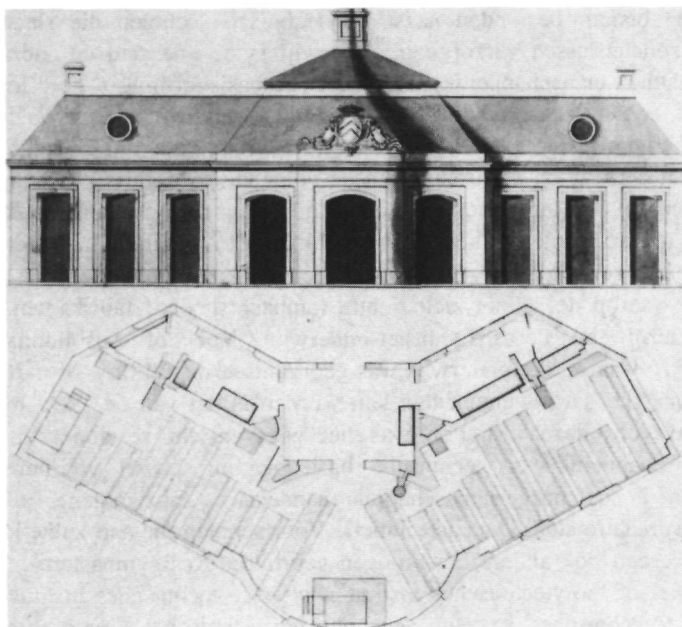
In deze schets van de oprichting van de eerste Duitse polytechnische scholen, heb ik tot nu toe de term 'polytechnische school' gebruikt zonder op de essentiële kenmerken van dit schooltype in te gaan. Bij de samenstelling van tabel 6.1 ben ik volledig uitgegaan van de wijze waarop de term 'polytechnische school' toen werd gehanteerd. Opgenomen in de tabel zijn in de eerste plaats alle scholen waarbij het woord 'polytechnisch' voorkwam in de officiële naam van de school en in de tweede plaats scholen die, hoewel de officiële naam anders luidde, door verschillende betrokkenen 'polytechnisch' genoemd werden, of daarmee op een lijn

werden gesteld.<sup>17</sup> De term 'polytechnisch' had aan het begin van de negentiende eeuw in Duitsland een zeer brede betekenis. In feite werd het woord gebruikt als een overkoepelend begrip om de totale verzameling van wiskundige, natuurwetenschappelijke en technische vakgebieden mee aan te duiden. Er was geen groot verschil in betekenis tussen de termen 'Real' ('Realschulen', 'Realfächer', etc.) en 'polytechnisch'.<sup>18</sup> Het hoeft dan ook geen verwondering te wekken dat met de term 'polytechnische school' bepaald niet overal hetzelfde werd bedoeld. Pas tussen 1850 en 1870 kreeg deze term geleidelijk een gestandaardiseerde betekenis. De polytechnische scholen waren overigens niet uniek in dit opzicht. In het door lokale economische verschillen en een grote politieke versnippering gekenmerkte Duitse taalgebied ging achter gelijkkluidende schoolbenamingen een enorme variatie aan organisatievormen en inhouden schuil. Pas na de stichting van het Duitse Rijk zou langzaam een landelijk en samenhangend schoolsysteem ontstaan.<sup>19</sup>

De verschillen tussen de in tabel 6.1 genoemde polytechnische scholen waren groot. Sommige scholen richtten zich vrijwel uitsluitend op de scholing van ambachtslieden, terwijl aan andere instituten ook voor de opleiding van fabrikanten en staatsbeambten een plaats was ingeruimd. Instellingen die een volledige dagopleiding boden, bestonden naast polytechnische scholen die slechts enkele avond- en zondagslessen verzorgden.<sup>20</sup> Terwijl in de ene stad de nadruk op een algemene natuurwetenschappelijke en technische basisvorming ('Vorbildung') lag, werd elders een beroepsopleiding ('Ausbildung') geboden.<sup>21</sup> Ook op het gebied van de vakken die gedoceerd werden was er een grote mate van diversiteit.

Het is met het oog op de discussie in de volgende paragrafen wenselijk in deze diversiteit enige orde te scheppen. Uitgaande van drie belangrijke kenmerken betreffende de inrichting van het onderwijs blijkt het mogelijk de scholen die vóór 1830 werden opgericht in vier typen in te delen. Deze kenmerken zijn ten eerste de groepen waarop de school zich richtte (ambachtslieden, fabrikanten of staatsbeambten), ten tweede de aard van het onderwijs ('Vor-' of 'Ausbildung'), en ten derde de wijze waarop het onderwijs was georganiseerd (full-time of part-time).

Het eerste type dat onderscheiden kan worden is dat van de 'Real-Institute'.<sup>22</sup> Kenmerkend voor deze instituten was het gegeven dat ze door een full-time natuurwetenschappelijke en technische basisopleiding zowel voorbereidden op betrekkingen in de burgermaatschappij (handelaars, fabrikanten), als op een verdere universitaire studie (staatstechnici). Voor scholen die aan zulke kenmerken voldeden, werden ook andere benamingen gebruikt: 'Realgymnasium', 'polytechnische Schule' of 'polytechnisches Institut', 'physiko-technisches Institut', 'höhere Realschule', 'technisches Lyceum' en 'physiko-technisches Gymnasium'. Voorbeelden van scholen van dit type waren de scholen te Augsburg (1808), Neurenberg (1809) en Freiburg i/B (1818), terwijl ook de plannen voor scholen in Karlsruhe (1808), Stuttgart (1817) en Erfurt (1818) een zelfde richting uitgingen.<sup>23</sup> Na ongeveer 1830 werden instellingen van dit type niet meer tot de polytechnische scholen gerekend. Benamingen als 'Realgymnasium' en 'Realschule' werden toen gangbaar.



Afb. 17 en 18: Buiten Wenen was het eerste polytechnische onderwijs in Duitsland vaak van een zeer bescheiden opzet. In Dresden startten de eerste lessen van de *Technische Bildungsanstalt* in 1828 in de voormalige tuinzaal van graaf Brühl op een bolwerk in de Brühlse Garten (nu Brühlse Terrasse), aan de voet van de St. Trinitatis kathedraal (afb. boven). De 8 bij 6 meter metende ovale feestzaal diende als collegezaal, de beide zijvleugels als tekenlokalen (afb. onder). Het chemische laboratorium was in de gewelven van het nabijgelegen Kuffenhaus gevestigd (*Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Dresden*).

Het tweede type polytechnische school zou men het 'Beierse type' kunnen noemen, omdat dit in de jaren 1820 vooral in Beieren gangbaar was.<sup>24</sup> Aan de scholen van dit type werden alleen avond- en zondaglessen gegeven, die voornamelijk voor ambachtslieden en fabrikanten waren bestemd. De nadruk lag op de verbreiding van 'nuttige kennis' en op de algemene wetenschappelijke en technische scholing van de nijvere stand. Pogingen om deze opleidingen meer op de praktijk te richten en zo het karakter van een beroepsopleiding te geven werden, bijvoorbeeld in Neurenberg, door de gilden tegengewerkt.<sup>25</sup> Voorbeelden van polytechnische scholen die aan de kenmerken van dit type voldeden, zijn de scholen te Würzburg (1808?), Augsburg (1822), Neurenberg (1823), München (1827), Dresden (1828) en Leipzig (1829). De grenslijn tussen deze scholen en de zogenaamde 'Sonn- und Feiertagsschulen' die overal in Duitsland, maar vooral in Beieren, bestonden was betrekkelijk vaag. Mogelijk was het onderwijs aan de polytechnische deeltijdscholen - door de aanwezigheid van werkplaatsen, laboratoria en tekenlokalen - wat praktischer van karakter dan in de overige zondag- en avondscholen. Zo werden de eerste stappen gezet in de richting van een school die ook een 'Ausbildung' aanbood. Met de 'Sonn- und Feiertagsschulen' deelden de polytechnische scholen van het 'Beierse type' het uitgesproken Verlichtingspedagogische concept van de popularisering van de wetenschap. Het idee dat het 'gemeine und gesunde Menschenverstand' voor de wetenschappelijke denkwijze toegankelijk moest worden gemaakt, werd vanaf de jaren 1790 steeds vaker gehoord. Ook bij Prechtel zijn we deze gedachte reeds tegengekomen. Na 1825 kreeg de beweging rond de zondag- en avondscholen een nieuwe impuls toen de ideeën van de Brit Henry Brougham en de successen van de Engelse en Schotse 'Mechanics' Institutes' in Duitsland bekend werden.<sup>26</sup> Verschillende Duitse vrijmetselaarsloges, 'Gewerbevereine' en polytechnische genootschappen gingen er toen toe over vergelijkbare scholen op te zetten, die soms de naam 'polytechnische Schule' kregen (Würzburg, Leipzig).<sup>27</sup> Na 1830 werd het steeds ongebruikelijker om zulke deeltijdopleidingen de naam 'polytechnische school' te geven.<sup>28</sup>

Als derde kan het 'Pruisische type' onderscheiden worden. Hier stond de reeds in hoofdstuk 3 genoemde Berlijnse *technische Schule* model. Deze in 1821 opgerichte school richtte zich evenals de Beierse scholen op het onderwijs aan ambachtslieden en kleine fabrikanten. Anders dan in Beieren echter, werd in Berlijn een volledige dagopleiding geboden, waarin 'Vorbildung' en 'Ausbildung' werden gecombineerd. Vanaf 1826, toen een op de praktijk gericht laatste semester werd ingevoerd, kreeg de Berlijnse school meer en meer het karakter van een beroepsopleiding. Binnen de Pruisische verhoudingen was dit ook noodzakelijk omdat daar, in tegenstelling tot in Beieren, de gilden waren afgeschaft. Via een strenge toelatingsselectie, gratis onderwijs en een stelsel van beurzen lukte het de Pruisische overheid voldoende leerlingen uit de lagere en middelste regionen van de burgerij naar de Berlijnse school te krijgen. Voor kinderen uit ambachtelijke milieu's was de noodzaak om al op jonge leeftijd te gaan werken de voornaamste belemmering voor het volgen van dagonderwijs.

Tabel 6.2: Kenmerken van de vier polytechnische schooltypen, 1803-1829.

Type	Algemeen voorbereidend onderwijs (Vorbildung)						Beroepsonderwijs (Ausbildung)			Voorbeelden
	Dagonderwijs			Deeltijdonderwijs			Dagonderwijs			
	S	F	A	S	F	A	S	F	A	
'Real-Institut'	x	x	(x)							Augsburg (1808) Freiburg (1818)
Beierse type				(x)	x					Augsburg (1822) München (1827) Dresden (1828)
Pruisische type								x	x	Berlijn (1821/1826) Dresden (1828)
Weense type	x	x	(x)		(x)		x	(x)	(x)	Praag (1803/1817) Wenen (1815) Karlsruhe (1825)

Opm.: S = staatstechnici; F = fabrikanten; A = ambachtslieden; x = belangrijk kenmerk; (x) = aspect ontbreekt niet, maar is minder kenmerkend voor genoemd schooltype.

Bron: Zie bijlagen D en E.

Juist om die reden werd in Beieren het onderwijs aan ambachtslieden en kleine fabrikanten in de vorm van zondag- en avondlessen georganiseerd.

De *technische Bildungsanstalt* die in 1828 in Dresden werd opgericht bestond aanvankelijk uit een viertal afzonderlijke scholen. Naast een avond- en zondagschool, waar de scheikundelessen gegeven werden, was er ook een praktische 'full-time' beroepsopleiding voor 'Mechaniker', zoals in Berlijn. De school te Dresden dient daarom zowel bij het 'Beierse' als bij het 'Pruisische' type ingedeeld te worden. Na 1830 werd het Berlijnse voorbeeld gedeeltelijk overgenomen door de *höhere Gewerbeschule* te Hannover (1831), waar naast een drie- tot vierjarige cursus voor fabrikanten en bouwkundigen een tweejarige dagopleiding voor ambachtslieden ingericht werd. In 1833 namen ook de Beierse scholen elementen van de Pruisische aanpak over, toen ze van deeltijdscholen in dagopleidingen werden omgezet.<sup>29</sup>

Het vierde type kan het 'Weense type' worden genoemd. Aan de Weense polytechnische school, maar ook aan de polytechnische scholen te Praag (1803,

gereorganiseerd naar Weens voorbeeld in 1817) en Karlsruhe (1825), werd een dagopleiding aangeboden die zowel voor toekomstige fabrikanten als voor staatstechnici was bestemd. Kenmerkend voor deze scholen was het universitaire niveau waarop de meeste vakken gegeven werden. Verschillende tijdgenoten beschouwden deze polytechnische scholen dan ook zondermeer als 'technische universiteiten'.<sup>30</sup> De concept-statuten (1816) van de Weense polytechnische school verwoordden de doelstelling van de instelling aldus:

Das Polytechnische Institut wird für die gewerbfleissigen bürgerlichen Stände, für die nützliche Künste und für die technischen Staatsdienste dasjenige sein, was die Universitäten zunächst für die Bildung der Staatsbeamten und für die Wissenschaften als solche sind.<sup>31</sup>

Vooraf in Wenen stond daarnaast de mogelijkheid open dat ambachtslieden onderdelen van het lesprogramma konden volgen. De ambachtslieden en fabrikanten kregen op deze scholen voornamelijk een wetenschappelijke 'Vorbildung', die moest worden aangevuld door een training in de ambachtelijke en industriële praktijk. De scholing van de staatstechnici had reeds veel meer het karakter van een beroepsopleiding, die werd afgesloten met een examen.<sup>32</sup> Meer dan in Praag en in Karlsruhe had in Wenen ook het onderwijs aan de fabrikanten en ambachtslieden een praktische en beroepsgerichte component. Het in hoofdstuk 5 behandelde onderwijs in de speciale technische chemie, waarin ook examens werden afgenomen, is daar een voorbeeld van.

In tabel 6.2 zijn de vier typen polytechnische scholen schematisch samengevat. Na 1830 nam de diversiteit aan polytechnische schooltypen door de sluiting en reorganisatie van scholen steeds meer af. De 'Vorbildung' werd geleidelijk naar de 'Realschulen' verplaatst, terwijl de polytechnische scholen meer het karakter van (hogere) beroepsopleidingen kregen. Deze transformatie vormt het onderwerp van hoofdstuk 7. Omstreeks 1840 waren nog slechts het 'Pruisische' en het 'Weense' type overgebleven. Uiteindelijk overleefde, omstreeks 1870, alleen het 'Weense type', in een sterk gemodificeerde vorm.

## 6.2 De 'doelgroepen' van het (chemische) onderwijs

Op grond van de hierboven gepresenteerde typologie van de Duitse polytechnische scholen is het nu mogelijk nader in te gaan op de relatie tussen de structuur van het technisch onderwijs aan de ene, en de maatschappelijke arbeidsdeling, de beroepsstructuur aan de andere kant. Deze complexe en verre van eenduidige relatie analyseer ik in dit hoofdstuk op twee niveau's. In de huidige paragraaf gaat de aandacht in het bijzonder naar de doelstellingen van het polytechnische scheikunde-onderwijs uit. Voor welke maatschappelijke groepen, met name voor welke beroepsgroepen, was dit onderwijs bestemd? Hadden de oprichters en bestuurders van de vroegste polytechnische scholen ook de intentie om 'technische

chemici' op te leiden? Hoe deze doelstellingen in de onderwijsprogramma's tot uitdrukking kwamen en tot welke resultaten dit leidde, komt in de volgende paragrafen aan bod.

In Parijs en Wenen was de chemie, zoals ik in de vorige hoofdstukken heb laten zien, een van de centrale vakken van het curriculum. Ook aan de andere in tabel 6.1 genoemde Duitse polytechnische scholen was dit het geval. Naast de mechanica, de wiskunde en de tekenkunst, werd de chemie als een van de basiswetenschappen van de techniek beschouwd, waarvan vele verbeteringen en vernieuwingen in de nijverheid te verwachten waren. Vanwege deze centrale positie in het onderwijs werd enige kennis van de chemie voor studenten van vrijwel alle technische studierichtingen van belang geacht.

Een aanhanger van deze opvatting was Beuth, de oprichter van de Berlijnse technische school van 1821. Hij ontwierp een studieprogramma dat voor de leerlingen van alle richtingen, ongeacht hun latere beroep, een verplichtend karakter had. Onderwijs in de scheikunde ontbrak in dit programma niet.<sup>33</sup> Ook de 'Real-Institute' kenden waarschijnlijk een verplicht lesprogramma voor alle leerlingen. Aan de polytechnische scholen van het 'Beierse' en het 'Weense type' stond het de studenten vrij naar eigen inzicht bepaalde vakken te volgen.<sup>34</sup> Verschillende schooldirecties gaven evenwel 'adviesprogramma's' uit, waarin ook aan de studenten van 'niet-chemische' beroepsrichtingen de raad gegeven werd het onderwijs in de chemie te volgen.<sup>35</sup>

Deze algemene positiebepaling van het onderwijs in de chemie maakt duidelijk dat dit vak primair voor de studenten van alle beroepsrichtingen was bestemd. Afhankelijk van het type polytechnische school ging het daarbij om ambachtslieden, fabrikanten of staatsbeambten. De oprichtingsplannen van de scholen bevatten soms meer specifieke aanwijzingen met betrekking tot de beroepsgroepen voor wie het onderwijs was bestemd. Zo noemde het oprichtingsbesluit van de *polytechnische Central-Schule* te München (1827) in het bijzonder de bouwtechnici, goud- en zilversmeden, houtdraaiers, leerbewerkers, wevers, ververs, glasslijpers, instrumentmakers en enkele andere beroepen.<sup>36</sup> Vaker overigens, werden alleen de algemene beroepscategoriën, zoals 'Fabrikanten', 'Gewerbsmänner', 'Manufakturisten', 'Künstler' of 'Handwerker', aangeduid.

Daarnaast richtte het chemisch onderwijs zich op een aantal beroepen, waarvoor, naar de overtuiging van de ontwerpers van de schoolcurricula, kennis van de chemie noodzakelijk was. De schoolstatuten en oprichtingsbrochures vermelden dat het chemisch onderwijs in het bijzonder bestemd was voor 'diejenigen, welche sich ein chemisches Gewerbe widmen', voor 'Besitzer und Vorsteher von chemischen Fabriken' en voor hen die 'im gewerblichen Leben' met de chemie te maken zouden krijgen.<sup>37</sup> De laat-achtttiende eeuwse notie dat er een groep van 'chemische beroepen' zou bestaan vinden we hierin terug.<sup>38</sup> Tot deze groep van beroepen werden, zo blijkt uit de schoolprogramma's, de apotheker, de metallurg, verschillende 'chemische ambachten' en de fabrikant gerekend.<sup>39</sup> Bij de 'chemische ambachten' ging het om de beroepen waarop ook het onderwijs van Hermbstaedt reeds was gericht: ververs, blekers, katoendrukkers, bierbrouwers,



zeepzieders en leerlooiers. In Wenen waren er, zoals in het vorige hoofdstuk is vermeld, aparte examens op het gebied van de gistingschemie ('Gärungschemie') - waaronder onder andere de bierbrouwerij, de brandewijnbranderij, de broodbereiding en de azijnmakerij vielen -, de 'looierij', de 'zeepziederij en kaarsenmakerij' en de 'blekerij, ververij en textieldrukkerij'. In Berlijn leverde het *Gewerbe-Institut* op chemisch gebied vooral blekers, ververs, textieldrukkers en leerlooiers af.<sup>40</sup> De Münchense polytechnische school richtte zich op ertsgieters, leerlooiers en -ververs, wol- en linnenververs en glasmakers, terwijl in verband met de oprichting van een polytechnische school te Stuttgart, tenslotte, de beroepen van bleker, verver en bierbrouwer met name werden genoemd.<sup>41</sup>

Over de groep van fabrikanten geeft alleen het 'Organisationsplan' van de polytechnische school te Karlsruhe uit 1825 nadere bijzonderheden. De doelstellingen van de 'technische afdeling' werden in dit document als volgt omschreven:

Wer [...] künftig chemische Fabriken anlegen, wer alkalische Produkte, wie Alaun, Vitriol, Bleiweiss, Bleizucker u.s.w. im Grossen erzeugen will, wer lernen will, welche von diesen Produkten in Färbereien, Gerbereien, und wie sie gebraucht werden, wer zweckmässig Bleichanstalten errichten, wer die Einrichtung von Salz- und von Salpetersiedereien etc. kennen lernen will, wird in dieser Abtheilung die nöthigen Vorkenntnisse erhalten.<sup>42</sup>

Vrijwel de gehele toenmalige Duitse chemische industrie passeert in deze opsomming de revue.

Wat opvalt uit het hierboven gegeven overzicht is dat het beroep 'chemicus' nergens wordt genoemd. Op één, nog te bespreken, uitzondering na ontbreekt de term 'chemicus' inderdaad volledig in de schoolprogramma's. Het onderwijs in de chemie was bestemd voor de beoefenaren van een aantal reeds lang bestaande beroepen, niet voor de scholing van gespecialiseerde 'Chemiker von Fach'. Deze stand van zaken was niet uniek voor de chemie. Ook met betrekking tot de verhouding tussen de polytechnische school als geheel en de maatschappelijke arbeidsdeling, moet geconstateerd worden dat tussen 1800 en 1830 van de 'hogere technische beroepen' - die later het meest kenmerkende 'eindprodukt' van deze scholen vormden - in de schoolstatuten en -curricula nog vrijwel geen spoor te bekennen was. De vroege polytechnische scholen waren, in overeenstemming met hun Verlichtingspedagogische onderwijsfilosofie, primair op de bestaande maatschappelijke arbeidsdeling gericht. In de programma's van de meeste scholen werden juist de traditionele ambachten met nadruk genoemd. Het in de scholen van het 'Beierse' en het 'Weense type' aanwezige 'Fachklassen'-systeem, dat de leerling de mogelijkheid bood naar eigen behoefte bepaalde vakken te kiezen, versterkte de koppeling tussen het polytechnische onderwijs en de traditionele beroepenstructuur.

Een uitzondering dient echter gemaakt te worden voor de staatssector. Daar waren reeds in het midden van de achttiende eeuw enkele 'moderne' technische beroepen ontstaan, met eigen scholingsinstituten, verenigingen en tijdschriften. Bedoeld zijn het (militaire) ingenieursberoep en het beroep van mijnbouwkundige. Aan het

einde van de achttiende eeuw kwamen hier twee nieuwe beroepsgroepen bij: de bosbouwkundigen en de landbouwkundigen.<sup>43</sup> Het onderwijs aan de toekomstige beoefenaren van deze beroepen maakte aan de polytechnische scholen van het 'Weense type' ook een onderdeel van het curriculum uit. Dit onderwijs, en het bijbehorende systeem van staatsexamens, oefende in het verdere verloop van de negentiende eeuw een grote invloed uit op de interne structuur van de polytechnische scholen. 'Fachschulen', die volgens de grenzen van de technische disciplines georganiseerd waren, werden het eerst voor de opleidingen van de staats-technici opgericht. Later volgden de andere technische disciplines. De 'academisering' van de industrietechnici (chemici en werktuigkundigen) vond, naar het oordeel van Lundgreen, grotendeels plaats naar het voorbeeld van technische staatsbeambten.<sup>44</sup> Tijdens de eerste dertig jaar van de negentiende eeuw waren er alleen aan de Weense polytechnische school en aan het Berlijnse *Gewerbe-Institut* opleidingen voor personen die men 'beroepstechnici' zou kunnen noemen. De in 1826 in Berlijn gestarte 'Suprema' was in eerste instantie een opleiding voor 'Mechaniker'. De wens van de Pruisische overheid om de in Engeland op gang komende mechanisering naar de eigen industrie over te planten, bracht de noodzaak met zich mee opleidingsmogelijkheden voor machinisten en werktuigkundigen te scheppen. De exclusieve oriëntatie op de traditionele beroepenstructuur werd daarmee doorbroken. Pruisen was met zijn 'Revolution von oben' binnen Duitsland evenwel een speciaal geval. Het feit dat het Berlijnse *Gewerbe-Institut* als een van de weinige technische scholen in Duitsland een verplicht programma kende, waarmee een 'norm' aan het bedrijfsleven werd opgelegd, legt daar getuigenis van af.

De gestructureerde opleiding voor 'Mechaniker' werd in Berlijn niet door een vergelijkbare opleiding voor 'Chemiker' gecomplementeerd. Toen voor de 'chemische beroepen' ook een 'Suprema' werd ingesteld, sprak het schoolprogramma slechts over 'diejenigen, welche sich einem chemischen Gewerbe widmen'. De werkzaamheden in het laboratorium bleven aanvankelijk op de traditioneel bestaande beroepen (verver, bleker en textieldrukker) afgestemd. Soms kreeg dit de vorm van een praktijkstage in een bedrijf.<sup>45</sup>

De enige polytechnische school waar vóór 1830 over een (voor)opleiding voor 'Chemiker' gesproken werd was de Weense. In een verkorte versie van de in 1817 verschenen oprichtingsstatuten lezen we:<sup>46</sup>

Nach Absolvirung der Realschule steht es jedem frei eine Kombinazion von Lehrgegenständen zu bilden, welche für seinen künftigen Beruf als Kaufmann, Fabrikanten, Chemiker, Land- und Forstwart, Berg- und Hüttenmann, Mechaniker, Land- und Feldmesser oder Baumeister am vortheilhaftesten ist.

Ook de eerste chemische vakdocenten aan de Weense polytechnische school, Scholz en Meissner, vermeldten in hun leerboeken expliciet dat die werken ook voor 'angehende Chemiker', of 'angehende Chemisten', waren bestemd.<sup>47</sup> Scholz sprak daarbij zelfs gedifferentieerd over 'ausübende, sowohl analyserende

als fabricirende Chemisten'.<sup>48</sup> Toch mogen we uit dit frequente gebruik van de uitdrukking 'toekomstige chemici' niet afleiden dat de chemicus in Oostenrijk omstreeks 1820 reeds een duidelijke beroepsidentiteit bezat, en evenmin dat de Weense polytechnische school toen een complete leergang voor toekomstige chemici kende. In hoofdstuk 5 is vermeld dat vooral het college in de speciale technische chemie op de 'chemische beroepen' was gericht. Dit vak had echter een volledig bedrijfstakgewijze indeling. Prechtl had dit leervak niet ingevoerd om 'Chemiker von Fach' op te leiden, maar primair om de chemie te doceren aan de nijvere burgerij. 'Wissenschaftlich gebildeten Werkführer' moesten de plaats gaan innemen van 'empyrische Handwerker'.<sup>49</sup> Dat was het hoofddoel dat met de chemische onderwijs in Wenen moest worden bereikt.

Om de schijnbare tegenspraak tussen deze doelstellingen van het Weense chemische onderwijs en de hierboven gegeven citaten waarin van 'chemici' sprake was te begrijpen, is het nodig zorgvuldig oog te hebben voor het toenmalige taalgebruik. Voor iemand als Meissner was het, net als voor Wiegleb en Hermbstaedt voor hem, helemaal niet ongewoon om de uitdrukking 'praktische Chemiker' te gebruiken om chemisch onderlegde farmaceuten en fabrikanten te duiden.<sup>50</sup> De uitdrukking verwees niet naar een chemische beroepsgroep, maar duidde de groep van personen aan die een al dan niet uitgebreide kennis hadden van de chemie. Een verkorte notatie kortom voor al die 'chemische beroepen' die door de cursus speciale technische chemie werden bediend. Daarnaast gebruikte Meissner de term 'chemicus' in de meer specifieke betekenis van een theoretisch en praktisch goed geschoold chemisch onderzoeker.<sup>51</sup> Voor het opleiden van zulke chemici bestonden er echter binnen het reguliere programma van de Weense polytechnische school geen mogelijkheden. In de volgende paragraaf zal aangegeven worden dat er in Wenen buiten het reguliere programma om een kleine groep assistenten tot chemiedocenten werd opgeleid. Zelfs aan de toen grootste Duitse polytechnische school behoorde het opleiden van een klasse van 'beroeps-chemici' niet tot de doelstellingen van het gewone onderwijsprogramma. Aan de andere polytechnische scholen was dit niet anders.

## 6.3

### De chemiedocenten

Nadat in de vorige paragrafen de oprichting van de polytechnische scholen, de doelstellingen en het beoogde publiek van het onderwijs behandeld zijn, gaat het in deze en de volgende twee paragrafen om dat wat feitelijk werd gerealiseerd. Hoe werd het chemische onderwijs georganiseerd, wat werd er gedoceerd en door wie en, vooral, in welke beroepen kwamen de afgestudeerden van de polytechnische scholen terecht? Het zijn deze vragen die in de rest van dit hoofdstuk aan de orde komen.

De ontwikkeling van het polytechnische onderwijs in Duitsland is niet goed te begrijpen zonder inzicht te hebben in het karakter, de antecedenten, werkzaam-

heden en strevingen van het docentenkorps.<sup>52</sup> Ik begin deze analyse van het chemische onderwijs aan de Duitse polytechnische scholen dan ook met een verslag van een collectief-biografisch onderzoek naar de achtergronden en activiteiten van de eerste generatie chemiedocenten. Dit heeft een dubbele functie. In de eerste plaats geeft informatie over de opleidingsachtergrond van de chemiedocenten aan de eerste polytechnische scholen op zich reeds een inzicht in het karakter dat beroep en opleiding op het gebied van de chemie hadden in de tijd dat deze scholen werden opgericht. In de tweede plaats leveren de biografische gegevens extra informatie op over de aard van het scheikunde-onderwijs aan de polytechnische scholen. Ook bieden ze de mogelijkheid om de achtergronden en werkzaamheden van de eerste generatie chemiedocenten te vergelijken met die van de docenten die na 1830 werden aangesteld.<sup>53</sup>

Het feit dat de oprichting van de eerste polytechnische scholen in Duitsland in een tijd viel waarin het gehele Duitse onderwijs in een toestand van vrijwel permanente revolutie verkeerde, had grote consequenties voor de beschikbaarheid van adequaat opgeleide docenten in de chemie. Overal in Duitsland werden 'Realschulen', land- en bosbouwscholen, farmaceutisch-chemische instituten, veeartsenijscholen, lycea en handelscholen opgericht en op de meeste van die instellingen bestond de noodzaak een leraar in de scheikunde aan te stellen. Zulke leraren waren nauwelijks voorhanden.<sup>54</sup> Door de sluiting van enkele kleine universiteiten daalde tussen 1815 en 1820 het aantal hoogleraren in de chemie aan Duitse universiteiten van 40 naar 34, maar de zes docenten die daardoor vrij kwamen voorzagen slechts in een deel van de behoefte die binnen het onderwijs bestond.<sup>55</sup> Van verschillende zijden werd aan het begin van de jaren 1820 dan ook een tekort aan scheikundigen en aan geschikte kandidaten voor het leraarschap gekonstateerd.<sup>56</sup> Pogingen om deze nood via het opzetten van speciale, al dan niet met een polytechnische school verbonden opleidingen voor 'Realschul'-docenten te lenigen, wierpen slechts langzaam vruchten af.<sup>57</sup> De conclusie in hoofdstuk 3 dat het hoogleraarschap in de chemie aan het einde van de achttiende eeuw weliswaar de mogelijkheid bood de chemie beroepsmatig te beoefenen maar dat van een reguliere opleidingsroute tot dit ambt nog geen strake was, wordt door deze stand van zaken onderstreept.

Voor de polytechnische scholen was het een lastige opgave om goed opgeleide scheikundelers aan te trekken. Nog omstreeks 1830 leverde van alle polytechnische leerstoelen de bezetting van de leerstoel (technische) chemie de grootste problemen op.<sup>58</sup> Dit was des te meer het geval daar men voor die functie niet alleen een goed opgeleide chemicus zocht, maar ook iemand met een grondige kennis van de industriële en ambachtelijke techniek. Deze diende dan bovendien nog over doceerervaring te beschikken. Illustratief zijn de eisen die in Stuttgart aan zo'n docent werden gesteld. In november 1828 schetste J.F.G. Haug, professor in de fysica aldaar, de moeilijkheden om voor de in oprichting zijnde school een goede leraar technische chemie te vinden. Naast een goede theoretische scholing, diende deze een praktische achtergrond te bezitten. Vooral dat laatste was een probleem:

Es wird nämlich darunter nicht bloss die Maschinenlehre zu verstehen seyn, deren Kenntniss allerdings für mehrere Gewerbe sehr wesentlich ist, sondern auch die Lehre von der Zubereitung und Bearbeitung der Stoffe, welche die verschiedenen Gewerbe zu behandeln haben, welche Vieles in sich begreift, was der Chemie nicht angehört.<sup>59</sup>

Daarnaast werden, zo blijkt uit een in februari 1827 geschreven brief van de Württembergse minister Schmidlin, de nodige didactische vaardigheden geëist. Hij zocht, geheel in overeenstemming met de toen dominante Verlichtingspedagogische populair-wetenschappelijke oriëntatie van het polytechnische onderwijs, naar een

wo möglich praktisch gebildeten Lehrer[ ], der selbst den theoretischen Theil seines Vortrags durch beständige Hinweisung auf die Fruchtbarkeit dieser scheinbar trockenen Lehre zu beleben, die für den Gewerbsmann wichtigeren Zweige, z.B. die Gährungslehre, die Gerberei, die Färberei, etc., vorzugsweise ins Licht zu stellen, und seine Zöglinge durch plan- und stufenmässig geordnete Versuche, in die geheimnisvolle Werkstätte der Natur einzuführen weiss.<sup>60</sup>

Wanneer we tegen deze achtergrond de opleiding en werkervaring bezien van de chemiedocenten die tussen 1803 en 1829 aan de Duitse polytechnische scholen werden aangesteld, valt op dat vooral die industriële en technische ervaring voor de betrokken schoolbesturen en bewindslieden een probleem moet zijn geweest. Slechts acht van de 22 in de genoemde periode aangestelde docenten, hadden een kortere of langere tijd in de nijverheid doorgebracht.<sup>61</sup> Ook van deze acht was de industriële ervaring vaak slechts beperkt. Meissner bijvoorbeeld, die enige jaren aan het hoofd van een farmaceutisch-chemische fabriek had gestaan, beloofde de leiding van de Weense polytechnische school voor de aanvang van zijn lessen enige bierbrouwerijen en andere fabrieken te bezoeken, om zo zijn kennis van de chemische techniek te verbreden.<sup>62</sup>

Met betrekking tot de vooropleiding van deze docenten in het algemeen kan men drie opleidingsroutes onderscheiden. De eerste mogelijkheid was de farmaceutische scholing, die bestond uit een praktische leerstage in een apotheek, al dan niet aangevuld met een bezoek aan een farmaceutisch-chemisch instituut als dat van Trommsdorff, of met het volgen van enige colleges aan een universiteit. Een tweede mogelijkheid werd geboden door de artsopleiding aan de medische faculteit, toen nog het belangrijkste tehuis voor de universitaire chemiedocenten.<sup>63</sup> In de derde plaats waren er aan het einde van de achttiende eeuw mogelijkheden ontstaan om zich buiten de medisch-farmaceutisch sector in de chemie te bekwamen, met name in het kader van de kameralistische opleiding, of aan de filosofische faculteit.<sup>64</sup> In bijlage F en in de onderstaande analyse zijn de docenten die aan een filosofische faculteit of aan een kameralistisch instituut studeerden in één groep samengebracht. Aan veel universiteiten had het chemische onderwijs aan de filosofische faculteit namelijk een kameralistische oriëntatie.<sup>65</sup> Ook bood de filosofische faculteit in die tijd nog veelal een brede 'propedeutische' vorming, die men niet als een gespecialiseerde, en dus apart te categoriseren, natuurwetenschappelijke opleiding beschouwen mag.

De vooropleidingen van de 22 docenten waren betrekkelijk evenredig over deze drie opleidingsroutes verdeeld. Minstens negen van hen waren apotheker, minstens negen rondden een medische opleiding af, en minimaal acht kregen hun opleiding buiten de medisch-farmaceutische sector.<sup>66</sup> Met uitzondering van enkele jonge docenten die na 1820 studeerden (Walchner, Engelhart, Degen), volgden allen opleidingsroutes die ook voor hun achttiende eeuwse voorgangers gebruikelijk waren geweest. Wel lag in vergelijking tot de vooropleiding van de laat-achttiende eeuwse universitaire hoogleraren chemie het kwantitatieve aandeel van de kameralistisch-filosofische opleidingsroute in deze polytechnische docentengroep beduidend hoger.<sup>67</sup> Dit verschil weerspiegelt de algemene ontwikkeling van het Duitse chemische onderwijs sinds het einde van de 18 eeuw, maar vooral ook het feit dat in het geval van de polytechnische scholen naar *technisch*-chemisch geschoolde docenten werd gezocht.

De dominantie van medische en farmaceutische vooropleidingen illustreert de geringe mate waarin de chemie was geprofessionaliseerd. Vrijwel alle docenten hadden weliswaar aan een universiteit gestudeerd, maar een geïnstitutionaliseerde reguliere chemische opleiding ontbrak daar nog volledig. Kijken we niet alleen naar de eigenlijke studiejaren, maar naar de gehele voorgeschiedenis van de docenten uit deze groep, dan wordt het idee dat duidelijke scholingsmogelijkheden voor chemici ontbraken nog sterker bevestigd.

Afgezien van H.A. Vogel, die aan de 'chemische Lehranstalt' van J. Schaub te Kassel gestudeerd had en de drie genoemde jonge docenten, die bij Stromeyer (Walchner), Kastner (Engelhart) en C.G. Gmelin (Degen) hun chemische vorming hadden opgedaan, had geen van deze docenten van de eerste generatie een grondige theoretische en praktische chemische scholing tijdens zijn studiejaren gehad. De meesten verdiepten zich pas na afloop van hun opleidingstijd in de chemie, door zelfstudie (bijvoorbeeld Prechtel en J.S.C. Schweigger), door naar Stromeyer in Göttingen (Engelhart), naar Parijs (Vogel, Engelhart) of naar Stockholm (Engelhart) te reizen, of door de assistent te worden van een hoogleraar in de chemie (bijvoorbeeld J.J. Steinmann).<sup>68</sup>

Steinmanns vorming tot chemicus vond plaats na de beëindiging van zijn farmaceutische studie. Hij werd in 1812 adjunct professor in de chemie aan de polytechnische school te Praag en kreeg zo, als assistent van Neumann, de gelegenheid om zijn chemische kennis en vaardigheden verder uit te breiden. Deze opleidingsweg was in Oostenrijk heel bewust in het leven geroepen. Het assistentschap diende een leerschool voor het (hoog)leraarsambt te zijn. 'Assistenten' zijn 'Lehramtskandidaten', bepaalden de statuten van de Weense polytechnische school.<sup>69</sup> Prechtel zag in hen ook uitstekend opgeleide technici voor de industrie, die door hun assistentschap een 'vollständige Ausbildung' hadden gekregen.<sup>70</sup>

Dit is een interessant gegeven, want het is een van de eerste aanwijzingen dat er in het Duitse taalgebied een loopbaanperspectief voor chemici ging ontstaan. Terwijl aan de Duitse universiteiten de route naar het professoraat via de 'Habilitation' en het onbezoldigde privaat-docentschap verliep, koos de Oostenrijkse

regering ervoor de gesalarieerde functie van assistent als voorbereiding op het hoogleraarschap in het leven te roepen. Sommigen hebben in de invoering van een vergelijkbare hiërarchische personeelstructuur aan de Parijse *École polytechnique* in 1794, wel de start van de professionalisering van de wetenschap gezien.<sup>71</sup> Tegelijk onderstreept het feit dat de tijdgenoten het assistentschap als de werkelijke opleiding op het gebied van een bepaalde discipline zagen, de in de vorige paragraaf verkondigde stelling dat de reguliere opleiding *niet* als zodanig moet worden gezien. De eerste stappen op weg naar een opleiding tot chemicus werden zo in Oostenrijk gezet, maar buiten het normale studieprogramma om.

Het belang van deze carrièreweg voor de ontwikkeling van het chemisch onderwijs in Oostenrijk kan moeilijk overschat worden. Verschillende assistenten werden tussen 1800 en 1830 op een toekomstig professoraat voorbereid. Voorbeelden zijn J.C.J. von Freyssmuth, die van 1810 tot 1812 de assistent van Neumann was en in 1812 hoogleraar chemie werd aan de Praagse universiteit, Meissner, van 1815 tot 1816 de assistent van Prechtl, Scholz die zijn assistententijd aan de Weense universiteit doorbracht, J.R. Joss, die als assistent bij Meissner zijn loopbaan startte, K. Karmarsch, van 1819 tot 1823 eveneens assistent te Wenen en vanaf 1830 directeur en 'Hauptlehrer' chemie en technologie aan de polytechnische school te Hannover en, tenslotte, K.J.N. Balling die na een assistentschap Steinmann opvolgde aan de Praagse polytechnische school. Op deze wijze werden de Oostenrijkse polytechnische scholen 'kweekplaatsen' voor de tweede generatie chemie-docenten. Meer dan de universiteiten, waren in Oostenrijk de polytechnische scholen in het begin van de negentiende eeuw de toonaangevende instituties op chemisch gebied.<sup>72</sup> In de Duitse staten was het omgekeerde het geval.

Het assistentschap was niet alleen een mogelijkheid zich in de chemie te bekwamen, het bood ook de gelegenheid leservaring op te doen. Voor toekomstige docenten werd dit van het grootste belang geacht. De biografische gegevens van de 22 eerste polytechnische chemie-docenten wijzen sterk in de richting dat voorafgaande onderwijservaring een van de belangrijkste criteria bij hun benoeming is geweest, belangrijker nog dan kennis van de chemische techniek. Van slechts één docent is het zeker dat hij geen achtergrond in het onderwijs had en van twee chemici zijn de antecendenten onbekend. Van alle 19 overigen weten we dat ze een of meerdere jaren gedoceerd hadden, voordat ze aan een polytechnische school werden aangesteld.<sup>73</sup> A.F.E. Degen die - als enige uit de populatie - niet over voorafgaande leservaring beschikte, werd om die reden aanvankelijk in Stuttgart slechts 'provisorisch' aangesteld.<sup>74</sup>

De leden van de eerste generatie polytechnische docenten in de chemie werden door de schoolbesturen primair als leraren, en niet als onderzoekers gezien. Dit was ook, zoals in de volgende hoofdstukken zal blijken, zoals ze zichzelf zagen. De meesten van hen gaven naast de chemie ook andere vakken. Zien we af van de 'part-time' polytechnische scholen in München en Leipzig, dan waren de hoogleraren in Praag en Wenen de enigen die louter de chemie doceerden. Ook zij

waren echter nauwelijks op het verrichten van discipline-georiënteerd chemisch onderzoek gericht. Ze gaven technische adviezen aan de Oostenrijkse en Boheemse regeringen, doceerden en schreven leerboeken. Het verschil in reputatie tussen deze 22 Duitse chemici en de hoogleraren scheikunde van de *École polytechnique* was immens.<sup>75</sup> De vroege Duitse polytechnische school was zeker niet de 'kweekplaats van de wetenschap', waarvoor de Parijse school werd aangezien.

Het zwaartepunt van het experimentele chemische werk van deze eerste generatie polytechnische chemici lag, Schweigger uitgezonderd, niet bij de oplossing van intern-chemische vraagstellingen, maar bij medisch-farmaceutische onderwerpen (Juch, Steinmann, Schubarth, Ficinus), bij chemische analyses van met name mineralen en bronwaters (Juch, Steinmann, Meissner, Vogel, Von Vest, Walchner, Ficinus, Degen), en bij onderwerpen op technologisch gebied. Op vele technische terreinen waren de docenten van deze generatie actief. Ik noem: de ververij (Scherer, Juch, Precht, Dingler, Erdmann), de leerlooierij (Scherer), de (biet)suikerfabricage (Scherer, Neumann, Juch, Precht, Schubarth), de destillatie-techniek (Neumann, Joss), het gaslicht (Precht, Scholz, Von Vest), de bierbereiding (Precht, Accum) en de bereiding van staal en ijzer (Precht, Walchner, Erdmann).<sup>76</sup>

Ondanks het feit dat driekwart van de docenten voorafgaande aan hun benoeming geen ervaring had met de grootschalige chemische techniek, lieten verschillende onder hen zich na hun aanstelling duidelijk door de technologische setting van hun functie beïnvloeden. Uit de publicatiegegevens van de (hoog)leraren van de eerste generatie blijkt dat ongeveer 40% van hen overwegend over de zojuist genoemde technologische onderwerpen publiceerde.<sup>77</sup> Eveneens 40% was voornamelijk op niet-technische vraagstukken georiënteerd. De overige 20% publiceerde in de periode van hun aanstelling geen onderzoeksresultaten. De genoten vooropleiding was hierop niet van invloed. Chemici met een kameralistische of 'filosofische' achtergrond publiceerden niet vaker over technisch-chemische onderwerpen dan docenten die een farmaceutische of een medische opleiding genoten hadden. Wel lijkt het type polytechnische school waaraan men verbonden was van invloed te zijn geweest op het publicatiepatroon.

Leraren die aan een 'Real-Institut' of een vergelijkbare instelling verbonden waren, publiceerden tijdens hun docentschap niet of nauwelijks over de chemische techniek. In het geval van K.W. Juch is dit des te opmerkelijker, daar hij vóór 1808 en na 1816 verschillende boeken en artikelen over de chemische nijverheid schreef. J.S.C. Schweigger was zelfs de hoofdredacteur van het toen belangrijkste Duitse chemische tijdschrift - het *Journal der Chemie und Physik* - en daarmee een van de centrale figuren binnen de Duitse chemische wetenschap.<sup>78</sup> Aan de andere typen polytechnische scholen was de helft van de leraren daarentegen sterk op de technologie gericht.

Kijken we niet naar de dominante oriëntatie (technologisch/ niet-technologisch) van de leraren maar naar het feit of ze, eventueel naast technische geschriften, ook publiceerden in tijdschriften die een wetenschappelijk prestige hadden



(Schweiggers *Journal* en Gilberts, later Poggendorffs, *Annalen*), dan blijken het de 'Real-Institute' en de scholen van het Weense type te zijn die afwaken van de rest. De in § 6.1 gegeven typologie van de polytechnische scholen laat zich zodoende aanvullen met de volgende, gechargeerd weergegeven, karakteristieken: de leraren op Real-Institute waren vooral op de wetenschap gericht, die aan de scholen van het Beierse en het Pruisische type vooral op de techniek, terwijl aan de scholen van het Weense type wetenschap en techniek werden gecombineerd (tabel 6.3).<sup>79</sup>

**Tabel 6.3:** *Publicatiegedrag van de chemiedocenten, 1800-1830.*

Schooltype	Aantal leraren	% leraren met overwegend technische publicaties	% leraren dat in Schweiggers of in Gilberts tijdschrift publiceerde
'Real-Institute'	5	20	60
Beierse type	6	50	50
Pruisische type	2	50	50
Weense type	8	50	75

Opm.: 1. Dresden is bij het Beierse type ingedeeld omdat vóór 1832 het chemie-onderwijs niet tot de dagopleiding behoorde; 2. De som van het aantal leraren is 21 i.p.v. 22 omdat over de school te Graz te weinig bekend is om deze in te delen.

Bron: Poggendorff, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*; Hamberger, *Das gelehrte Teutschland* (1796-1834); Gorzny (bearb.), *Gesamtverzeichnis*.

Vooraf aan de 'Weense' en 'Pruisische' polytechnische scholen werden de docenten door hun regeringen bij tal van technische en industriële problemen ingeschakeld als adviseur. Aan de 'Beierse' scholen was het vooral het bedrijfstak-gerichte onderwijs in de speciale technische chemie dat ervoor zorgde dat verschillende leraren met vraagstukken uit de nijverheid in aanraking kwamen. Op de 'Real-Institute' waren beide institutioneel bepaalde beïnvloedingsmechanismen afwezig.

Het feit dat 14 van de 22 chemie-docenten een of meerdere malen in Schweiggers *Journal der Chemie und Physik* of in Gilberts (Poggendorffs) *Annalen der Physik (und Chemie)* publiceerden, mag niet geïnterpreteerd worden als een teken van een sterke disciplinaire gerichtheid van deze chemici. Voor sommigen, zoals Schweigger zelf, Vogel en, in zijn rol als docent, Meissner, was dit wel het geval. Dit waren echter uitzonderingen. Meer dan de helft van de

leraren was niet sterk in de chemische gemeenschap rond Schweiggers *Journal* geïntegreerd. Zij richtten zich primair op de lokale natuurlijke historie (botanie, mineralogie)) of op de lokale nijverheid.

Het is typerend voor deze eerste generatie docenten dat onder hen verschillende redacteurs van patriottische- en nijverheidstijdschriften waren. Zo gaf de Praagse hoogleraar Neumann van 1813 tot 1816 het *Vaterländisches Magazin* uit, was Von Vest mederedacteur van het *Steiermärkische Zeitschrift*, was Schubarth vanaf de oprichting in 1822 hoofdredacteur van de *Verhandlungen des Vereins zur Beförderung des Gewerbefleißes in Preussen*, en Dingler in 1820 de oprichter en eigenaar van het beroemde *Polytechnische Journal*. Deze integratie in lokale en technologische gemeenschappen doet deze generatie docenten duidelijk van de latere verschillen. Een groot deel van de docenten had geen sterke band met één bepaalde wetenschappelijke discipline, hetgeen geheel in overeenstemming met hun weinig gespecialiseerde leeropdrachten was. Stappen in een disciplinaire richting werden evenwel, zoals het conflict tussen Prechtel en Meissner heeft laten zien, door sommigen al wel gezet.

## 6.4

### Het scheikunde-onderwijs

Over de opzet en inhoud van het chemisch onderwijs aan de vroege polytechnische scholen zijn in de literatuur weinig gedetailleerde mededelingen aan te treffen. Toch is het, op basis van een overzicht van de leeropdrachten van de docenten en gegevens over enige schoolprogramma's en leerboeken, mogelijk zich over enige hoofdlijnen van het van het scheikunde-onderwijs uit de jaren voor 1830 een beeld te vormen.

Net als aan de universiteiten bestond het onderwijs in de scheikunde primair uit een of meerdere series hoorcolleges. Het onderwijs in de experimentele chemie beperkte zich meestal tot de gebruikelijke demonstratie van chemische fenomenen tijdens deze colleges. Daarnaast bestond erop enkele scholen voor een deel van de studenten de mogelijkheid zelf in het laboratorium praktische vaardigheden op te doen. Met betrekking tot de plaats en omvang van de hoorcolleges in het totale curriculum kunnen we constateren dat er twee verschillende varianten voorkwamen. Aan de kleinere scholen werd er veelal slechts één cursus algemene (technische) chemie gegeven. Deze variant treffen we bijvoorbeeld aan in Berlijn, Augsburg, Dresden (tot 1832) en Stuttgart (tot 1835), en tot 1817 ook in Praag.<sup>80</sup> In Wenen, Praag (na 1817), München en waarschijnlijk al weldra ook in Karlsruhe kwam een tweede variant voor. Daar kende men zowel een cursus in de algemene (technische) chemie als een cursus in de (speciale) technische chemie.<sup>81</sup> In Wenen en in München waren voor beide vakken aparte docenten aangesteld.

**Tabel 6.4:** Aantal uren chemie per week in de lesroosters van enige polytechnische scholen (voor 1830).

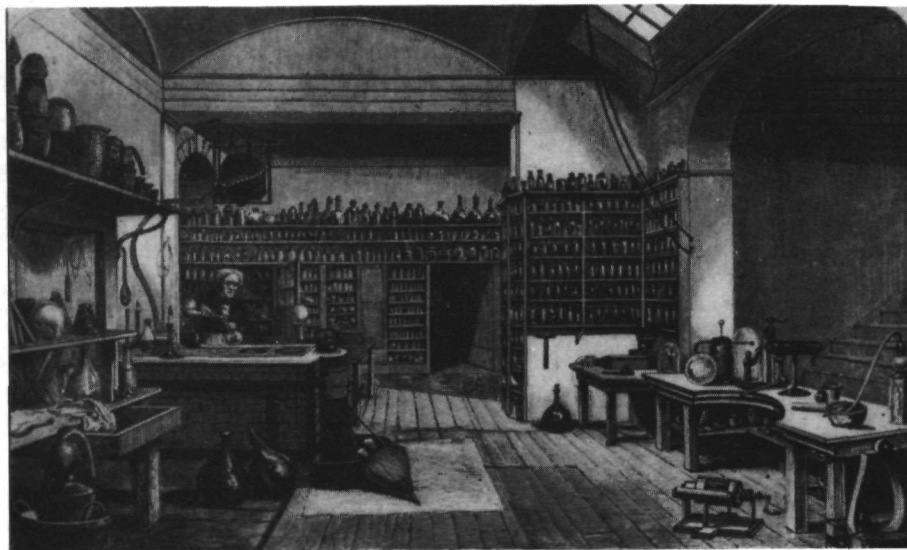
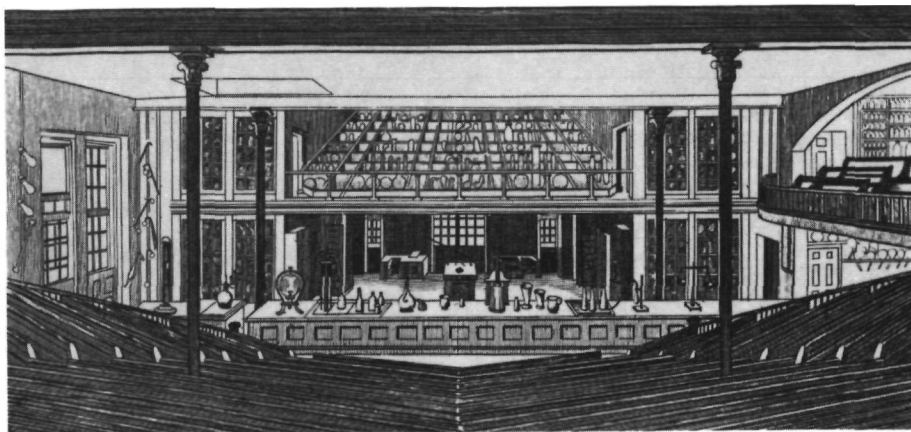
School	Jaar	Vak	Eerste jaar	Tweede jaar	Derde jaar
Praag	1806	(algemene) chemie	1	-	-
Praag	1817	algemene techn. chem.	5	-	-
		speciale techn. chem.	-	5	-
Wenen	1817	algemene techn. chem.	5	-	-
		speciale techn. chem.	-	10	-
Berlijn	1821	fysica en chemie	4	4	-
Berlijn	1826	chemie	2	3½	-
Augsburg	1822	alg. en techn. chemie	4	-	-
Karlsruhe	1825	'technische Naturgeschichte'	5	-	-
		technische chemie	-	6	-
Neurenberg	1829	fysica en chemie	6	6	-
München	1829	fysica en chemie	4	8	4

Opm.: 1. de semestergegevens voor Berlijn (1826) en München zijn op jaarbasis gebracht; 2. steeds is het lesaanbod weergegeven, niet het aantal uren dat feitelijk werd gevolgd. In Wenen kon het college speciale technische chemie bijvoorbeeld ook los van de algemene chemie gevolgd worden.

Bron: Praag: de biografie J.J. Steinmann in Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon*, 144 en Dždek, 'Vývoj výuky organické chemie', 523; Wenen: Gollob, 'Frühgeschichte', 183; Berlijn: Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 284; Augsburg: Dingler, 'Polytechnische Lehranstalt' (1822), 395; Karlsruhe: *Festgabe zum Jubiläum*, 277-278; Neurenberg en München: Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 115-116.

De omvang van dit onderwijs was, naar latere maatstaven, bescheiden. De scholen te Praag (1806) en Augsburg (1822) kenden aanvankelijk slechts een eenjarig programma, waar wekelijks 1 tot 4 uur college in de chemie gegeven werd. In Wenen, Berlijn, Karlsruhe en vanaf 1817 in Praag, was het programma tweejarig. Het totale aantal uren chemie in die twee jaar varieerde van 4 in Berlijn - aangenomen dat de fysica de helft van de uren uitmaakte - tot 15 in Wenen (tabel 6.4). Voordat ik deze gegevens over het totale lesprogramma aan chemische vakken analyseer in relatie tot de beroepen van de afgestudeerden (§ 6.5), bespreek ik eerst de drie genoemde studieonderdelen - de algemene (technische) chemie, de (speciale) technische chemie, en het werken in het laboratorium - afzonderlijk.

Over het onderwijs in de *algemene* technische chemie, dat zowel aan de kleinere polytechnische scholen als aan de scholen te Wenen, Praag en Karlsruhe gegeven



Afb. 19 en 20: Nieuwe laboratoria die omstreeks 1800 ten behoeve van onderwijsinstellingen of genootschappen werden gebouwd grensden vaak direct aan de collegezaal. Het laboratorium kon zo benut worden voor demonstratieproeven, terwijl het buiten de college-uren beschikbaar was voor de professor of. Een typerend voorbeeld vormt het in 1824 gebouwde laboratorium van de medische faculteit van de *University of Pennsylvania* te Philadelphia (afb. boven - ontleend aan Robert Hare's *Compendium of the course of chemical instruction* (1828)). Ook het laboratorium voor algemene technische chemie van de Weense polytechnische school heeft er waarschijnlijk zo uitgezien. De afb. onder toont een experimenterende Michael Faraday in het laboratorium van de *Royal Institution* te Londen (gereed in 1802). Rechts zijn de demonstratie-tafel en de eerste rijen van het amfiteater te zien (*Fotodienst KU Nijmegen*).

werd, kan ik kort zijn. Centraal stond de behandeling van de basisbeginselen van de chemie en de systematiek die gevolgd werd was niet ontleend aan de nijverheidspraktijk, maar volgde de 'natuurlijke orde' van de chemische stoffen. Afgezien van een grotere nadruk op toepassingen en op 'nuttige' verbindingen, week de indeling van de stof niet erg af van die in de gebruikelijke universitaire leerboeken: basisprincipes en laboratoriummethoden werden behandeld, gevolgd door een behandeling van de verschillende chemische elementen en verbindingen opgesplitst op basis van de herkomst (mineralen, planten- en dierenrijk) en de reactiviteit (bijvoorbeeld metalen en niet-metalen), vaak in combinatie met theoretische beginselen (zoals de zuurstoftheorie van Lavoisier). De doelen van dit onderwijs in de algemene (technische) chemie waren primair het verbreiden van algemene wetenschappelijke kennis en leggen van een brede wetenschappelijke basis ('Vorbildung'). De leerboeken die voor dit onderwijs door de docenten geschreven of vertaald werden - zoals de reeds genoemde boeken van Thenard, Prechtel, Scholz en Meissner, de leerboeken van Neumann (1810), Karmarsch (1823) en J.B. Dumas (waarvan de eerste vijf banden door de Neurenbergse leraar J.F.P. Engelhart werden vertaald (1830-1837)) en de populair-wetenschappelijke boeken die Erdmann (1828) en Ficinus (1829) voor hun avondlessen schreven - zijn wat betreft hun opbouw grotendeels met de gebruikelijke universitaire leerboeken te vergelijken.<sup>82</sup>

Het onderwijs in de *speciale* technische chemie bestond alleen te München en op de scholen van het 'Weense' en het 'Pruisische' type, waarvan het programma ook een element van beroepsonderwijs ('Ausbildung') had. Algemeen gesproken, waren het de grotere polytechnische scholen die onderwijs in de speciale technische chemie aanboden.<sup>83</sup> Daar vond de bedrijfstakgewijze aanpak die Prechtel voor Wenen ontworpen had navolging. Lokale behoeften bepaalden daarbij steeds welke specieke ambachten en industrieën behandeld werden.

In Praag, waar de Weense opzet in 1817 werd ingevoerd, behandelden J.J. Steinmann en zijn opvolger K.J.N. Balling, bijvoorbeeld de ververij, de blekerij, de metallurgie, de zoutchemie, de glasmakerij, de gistingschemie en de landbouwchemie.<sup>84</sup> Steinmann en Balling speelden zodoende in op de behoeften van de Boheemse industrie, die in de metaalnijverheid, de glasfabricage, de textielindustrie en de bierbrouwerij sterke sectoren bezat. In Berlijn was het onderwijs vooral op de textielindustrie en de leerlooierij gericht.<sup>85</sup> Over het eerste Münchense onderwijs in de speciale technische chemie zijn, afgezien van de 'doelgroepen' waarop zich de school in het algemeen richtte, geen details bekend.<sup>86</sup> Later (1836) gaf G.C. Kaiser een speciale cursus op het gebied van de bierbrouwerij.<sup>87</sup> Aan de polytechnische school te Augsburg stond, na 1833, ook de plaatselijke industrie centraal. In deze textielstad was het chemische onderwijs vooral op de blekerij, de ververij en de katoendrukkerij gericht.<sup>88</sup>

De voorbeelden van de scholen te München en Augsburg laten zien dat het onderwijs in de speciale technische chemie, in overeenstemming met de algemene trend in het polytechnische onderwijs van 'Vorbildung' naar 'Ausbildung', in

verschillende streken in Duitsland ook na 1830 werd gestimuleerd. Belangen-groepen uit de nijverheid namen daarbij veelal het voortouw. In Stuttgart zette de 'Schulrat', ondanks de oppositie van de chemici Degen en Gmelin, nog in 1835 de benoeming door van de mineraloog J.G. Kurr tot leraar in de technische chemie. Hij werd belast met het geven van 'populaire' colleges voor ambachtslieden en andere toehoorders. Buiten het reguliere programma om doceerde hij gedurende enige jaren over de zeepziederij, de ververij, de stijfselfabricage, de looierij, de bereiding van verflakken en dergelijke.<sup>89</sup>

Het feit dat Kurr dit onderwijs los van het gewone programma voor toehoorders gaf, illustreert de splitsing die vooral na 1830 optrad in het technische onderwijs. Het onderwijs aan ambachtslieden werd, afwijkend van Prechtl's oorspronkelijke plannen, voortaan gescheiden gegeven van dat aan de 'hogere technici'. De 'doppelte Aufgabe' van dit onderwijs, waar Meissner zo over had geklaagd, kwam geleidelijk te vervallen.<sup>90</sup>

Waar het vak speciale technische chemie binnen het reguliere programma gehandhaafd bleef (Wenen, Praag, München), kwam het opleiden van gespecialiseerde technici voor specifieke bedrijfstakken voor de vroegere functie van 'Aufklärung van de ambachtsman' in de plaats. Het werd een studievak dat 'bereits absolvirter Theoretiker zur Erwerbung praktischer Fertigkeit die Gelegenheit [darbot]'.<sup>91</sup> De stap naar het opleiden van in alle bedrijfstakken inzetbare chemici was daarmee echter nog niet gezet.

De in het vorige hoofdstuk aangegeven tegenstelling tussen een discipline-gerichte en een technologische didactiek van het technisch-chemische onderwijs zorgde ervoor dat het leervak speciale technische chemie zich overal in een spanningsveld bevond. Een duidelijke aanwijzing hiervoor vormt het gegeven dat geen van de chemici die dit vak gedoceerd hebben (Meissner, Steinmann, Joss, Walchner, Balling, Kaiser en Schubarth) zich aan het schrijven van een samenhangend leerboek heeft gewaagd. Men viel terug op de traditionele leerboektraditie binnen de *algemene* technische chemie waarbij de chemische methodiek centraal stond (zoals Schubarth), of men beperkte zich (zoals Balling) tot het schrijven van monografieën over bepaalde bedrijfstakken in de traditie van Hermbstaedt.<sup>92</sup> De door Precht voorgestane synthese van een wetenschappelijke en een technologische aanpak bleef zo een wensdroom. Het leervak 'speciale technische chemie' kwam het encyclopedische stadium niet te boven en werd, zoals ik in de drie volgende hoofdstukken zal laten zien, door andere ontwikkelingen in de chemie en het technische onderwijs ingehaald.

Het derde onderdeel van het chemische lesprogramma - het *laboratoriumonderwijs* - was bij uitstek verbonden met dit onderwijs in de (speciale) technische chemie. Alle vroege polytechnische scholen in Duitsland beschikten over een of meer laboratoria. Niet overal echter gebruikte men het laboratorium ook werkelijk voor het praktische onderwijs aan studenten.

Op verschillende polytechnische scholen was het laboratorium louter een 'demonstatie-laboratorium' waar tijdens de hoorcolleges experimenten werden

getoond.<sup>93</sup> Daarnaast hadden enkele polytechnische scholen een, niet met een collegezaal verbonden, 'privaat-laboratorium' voor de professor, waar deze zijn onderzoek deed, advies-opdrachten van de overheid uitvoerde, of, al dan niet in samenwerking met zijn assistenten, preparaten maakte voor zijn preparatenverzameling en voor zijn onderwijs.<sup>94</sup>

Speciale 'onderwijslaboratoria', bestemd voor het praktische onderricht aan studenten, ontbraken echter niet. Dat er, ver voor Liebig, aan bijvoorbeeld de universiteiten te Göttingen en Jena zulke laboratoria werden gebouwd is onder historici van de scheikunde wel bekend.<sup>95</sup> Het gegeven dat ook verschillende Duitse polytechnische scholen reeds vroeg over zulke laboratoria beschikten, bleef echter vrijwel onopgemerkt. Toch was het praktisch onderwijs aan studenten, net als aan de *École polytechnique*, in verschillende steden een regulier onderdeel van de cursus technische chemie. Berichten van laboratoriumonderwijs aan studenten zijn er bijvoorbeeld uit Wenen, Karlsruhe, Berlijn, Stuttgart, Hannover en Dresden.<sup>96</sup> In Praag werden omstreeks 1825 de studenten evenwel nog niet door 'Ausübung gebildet'.<sup>97</sup>

Wat betreft de plaats van dit laboratoriumonderwijs in het totale curriculum is het goed een drietal didactische functies duidelijk te onderscheiden: ten eerste het practicum als visueel en manueel hulpmiddel bij de verwerking van de collegestof;<sup>98</sup> ten tweede het practicum als de plaats waar de handvaardigheid voor bepaalde ambachten en produktiewijzen kon worden getraind; en ten derde het practicum als plaats waar een scholing in analytisch-chemische onderzoekstechnieken plaatsvond. Alle deze varianten kwamen aan de Duitse polytechnische scholen voor.

In Wenen stond bij het practicum in de algemene technische chemie de verwerking van de collegestof centraal. Aansluitend bij de aard van de collegestof, die gericht was op het leren kennen van de chemische elementen en hun verbindingen, had dit practicum vermoedelijk een preparatief-chemisch karakter. Aan Prechtl's wens dit practicum een integraal onderdeel van de chemische cursus te laten zijn hield men echter, zoals in hoofdstuk 5 vermeld, al weldra niet meer de hand.

Terwijl de als eerste genoemde functie van het practicum gefundeerd werd door Verlichtingspedagogische denkbeelden waarin hoofd- en handarbeid gelijk werden gewaardeerd, lag bij de tweede didactische visie op het practicum - die in Wenen, maar ook in andere scholen geleidelijk voor de eerste in de plaats kwam - de nadruk op het ontwikkelen van de handvaardigheid op zich. Het was dit type practicum dat in de late jaren 1820 op de meeste polytechnische scholen op de voorgrond stond. Enerzijds onderstreept dit de sterke gerichtheid op de 'chemische ambachten' die het polytechnische onderwijs aanvankelijk, vooral in Pruisen, Beieren en Saksen kenmerkte. Anderzijds illustreert het een bepaalde opvatting over de praktische beoefening van de chemie die, nadat het neohumanisme de Verlichtingspedagogiek steeds meer verdrong, omstreeks 1830 gangbaar werd. Deze opvatting waardeerde de hoofdarbeid veel hoger dan het handwerk, de theoretische chemie hoger dan de praktische en de technische chemie. Laborato-

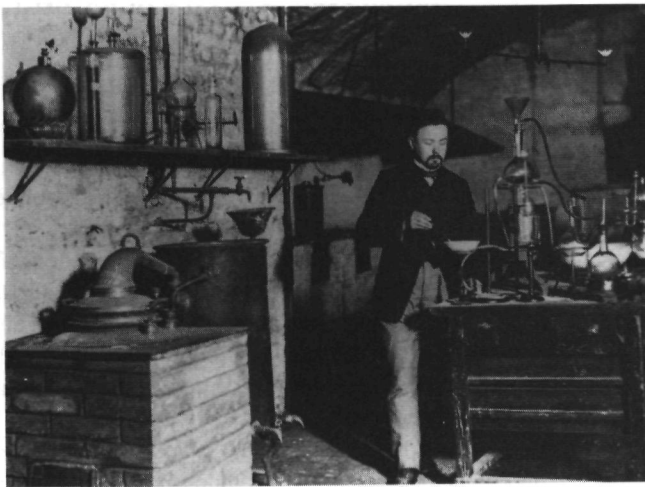
riumonderwijs, handvaardigheid en de laag in de kennishiërarchie staande (speciale) technische chemie werden sterk met elkaar geassocieerd. Typerend was de opvatting die verschillende universitaire chemie-docenten omstreeks 1840 in Pruisen verkondigden. Laboratoriumonderwijs hoorde naar hun mening niet op de universiteiten thuis, maar uitsluitend in het technische onderwijs, waar handwerkslieden werden opgeleid.<sup>99</sup>

Zulke denkbeelden zorgden er niet alleen voor dat het laboratoriumonderwijs omstreeks 1830 inderdaad aan de polytechnische scholen een veel gangbaarder onderdeel van het lesprogramma was dan aan de universiteiten, maar ook dat we binnen de polytechnische scholen het practicum vooral aantreffen in samenhang met het onderwijs in de (speciale) technische chemie. Zo was er in Karlsruhe alleen een laboratorium voor het onderwijs in de 'technische chemie'.<sup>100</sup> In de weinige polytechnische scholen waar het onderwijs in de algemene (technische) chemie en dat in de (speciale) technische chemie door verschillende personen gegeven werden - zoals in Hannover en in Brunswijk - viel het practicum onder de verantwoordelijkheid van de (hoog)leraar in de technische chemie.<sup>101</sup> In Hannover werden de 'praktische chemie', de 'technische chemie' en de 'chemische Manipulierkunst' steeds in een adem genoemd.<sup>102</sup>

Met betrekking tot de inrichting van het technisch-chemische laboratorium waren er verschillen tussen de scholen. In Berlijn, waar de beste leerlingen in de 'Suprema' een half jaar lang dagelijks in het laboratorium werkten, was de aanpak weliswaar bedrijfstakgericht, maar wel kleinschalig. Zij leerden daar de bereiding van 'chemisch-technische Präparate', het omgaan met 'die gewöhnlich gebräuchliche Mittel der Analyse für die Arbeiten der Fabrikanten', het gebruik van chemische apparaten en de vaardigheid in het uitvoeren van technische operaties.<sup>103</sup> In enkele andere polytechnische scholen, zoals het in hoofdstuk 5 gegeven voorbeeld van Wenen heeft laten zien, kon de leerling in het laboratorium voor 'speciale technische chemie', afhankelijk van zijn voorgenomen beroep, in meer grootschalige chemische operaties worden geschoold. Toen in 1834 in Stuttgart de instelling van een tweede chemische leerstoel - in de speciale technische chemie - besproken werd, overwoog men ook een ververij, een brouwerij en een leerlooierij in te richten, zoals in 'grösseren polytechnischen Instituten' was geschied.<sup>104</sup> Dit geeft aan dat men zo'n inrichting toen kennelijk niet als uitzonderlijk beschouwde.

Analytisch-chemische practica, het als derde genoemde type, vervulden voor 1830 aan de polytechnische scholen een minder centrale rol dan de technisch-chemische practica. Ze ontbraken echter niet, vooral niet op die polytechnische scholen waar ook farmaceuten of mijnbouwkundigen werden opgeleid (zoals in Brunswijk en Karlsruhe). In hoofdstuk 9 zal uitvoerig op de plaats van het analytisch-chemische practicum binnen de polytechnische opleidingen worden ingegaan.





**Afb. 21:** Naast de nieuwe analytische laboratoria werden er ook in de jaren 1830 en 1840 voor algemeen- of technisch-chemische doeleinden nog laboratoria van het oude type gebouwd. In een omstreeks 1838 gebouwde nieuwe vleugel van de Weense polytechnische school richtte men in de kelder bovenstaand laboratorium in. Deze foto uit de jaren 1890 toont de latere professor Max Bamberger. Het interieur, dat 50 jaar lang vrijwel ongewijzigd bleef, kende een destillatie-oven met koelvat en verschillende ovens onder een lange rookvang, zoals aan het begin van de eeuw in de *London Institution* aanwezig (zie onder) (*Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Wien*).

**Afb. 22:** Het door de Engelse chemicus William H. Pepys Esq. (1775-1856) ontworpen laboratorium van de *London Institution* (gebouwd omstreeks 1810). Pepys handhaafde, in tegenstelling tot Thenard aan de *École polytechnique* (afb. 14), de oude werkwijze (vgl. afb. 6) om verschillende typen ovens op te stellen (*Das Laboratorium*. 40. Heft (ca. 1835), *Tafel CLXI*).

## 6.5 De vroege polytechnische scholen: opleidingsinstituten voor chemici?

In paragraaf 6.2 was de conclusie dat, met uitzondering van Wenen, het opleiden van 'chemici' niet tot de doelstellingen van de polytechnische scholen behoorde. Het vroege polytechnische onderwijs was, de 'Mechaniker' uitgezonderd, vrijwel geheel op de traditionele beroepenstructuur gericht. Ook in Wenen werd, in de plannen van Prechtel, de scholing van 'chemici' sterk aan een bedrijfstakgewijze organisatie van het onderwijs ondergeschikt gemaakt. In de paragraaf over de samenstelling en vooropleiding van de docentengroep heb ik vervolgens laten zien dat in Wenen de opleiding tot volleerd chemicus in feite buiten het gewone studieprogramma plaatsvond. Het assistentschap bood een opleidingsweg die uiteraard slechts voor enkelen open stond.

In de huidige paragraaf bespreek ik, ter afsluiting van dit hoofdstuk, de implicaties van het hierboven besproken scheikunde-onderwijs voor de vorming van het beroep van chemicus. Was dit onderwijs toegesneden op bestaande ambachten en bedrijven, of bood het ook de mogelijkheid om, via een gespecialiseerde scholing in de chemie, een 'Chemiker von Fach' te worden?

De eerste constatering die in dit verband van belang is, is dat de omvang van het onderwijsaanbod aan chemische vakken gering was. Met uitzondering van de bedrijfstakgerichte Berlijnse 'Suprema' beperkte het onderwijs in de scheikunde zich overal tot slechts enkele uren per week. Het maximum aantal lesuren werd in Wenen aangeboden, waar de op de chemische nijverheid gerichte student zich gedurende 2 jaar gemiddeld  $7\frac{1}{2}$  uur per week in de chemie kon scholen. De resterende tijd vulde hij door verplicht, zoals in Berlijn, of naar eigen keuze, zoals in Wenen, een groot aantal andere, niet-chemische, vakken te volgen. Hieronder waren de moderne talen (Duits en Frans, soms ook Engels en Italiaans), de wiskunde, de fysica, de werktuigbouwkunde, het tekenen en de mineralogie.

Kijken we nu naar de plaats van het scheikunde-onderwijs in dit gehele lesaanbod, dan blijkt dat deze vakken nergens tot studieprogramma's voor chemici waren samengevoegd. Deze tweede constatering is voor de relatie tussen het polytechnische onderwijs en de opkomst van moderne technisch-wetenschappelijke beroepen van het grootste belang. Immers, voor de evaluatie van de effecten van de polytechnische onderwijsprogramma's voor de beroepsvorming op het gebied van de chemie moeten we niet louter naar het chemische deel hiervan kijken, maar vooral naar de opbouw en inhoud van het gehele curriculum. Kende het onderwijsprogramma van de school een onderverdeling in studierichtingen en, zo ja, was er een aparte studierichting chemie? Het negatieve antwoord dat ik hierboven op deze hoofdvraag gegeven heb verdient een nadere toelichting.

De polytechnische scholen die tussen 1800 en 1830 ontstonden kenden slechts een betrekkelijk grofmazige organisatorische indeling. Drie typen afdelingen kwamen voor: de *technische*, de *commerciële*, en de *mathematische* of *ingenieurs-*

afdeling. Aan de scholen in Berlijn, Dresden en, na 1830, Hannover werden uitsluitend technische vakken gegeven. De polytechnische scholen te Wenen, Stuttgart en, na 1830, Kassel en Brunswijk kenden naast een technische- ook een commerciële afdeling. De school in Karlsruhe startte als enige met alle drie de genoemde afdelingen.<sup>105</sup>

Een verdere onderverdeling van de technische afdeling, waartoe de scheikundeleraars behoorden, was afwezig. Hier speelden niet alleen prozaïsche redenen als de omvang van het docentenkorps en het aantal leerlingen een rol, maar ook de didactische denkbeelden die schoolbestuurders en leraren toen aanhingen. Om verschillende redenen stonden beide toen gangbare pedagogische stelsels - de Verlichtingspedagogiek en daar tegenoverstaande, aan het vroege neohumanisme verwante, visie van 'de eenheid van de techniek' - een organisatie van het onderwijs volgens discipline-bepaalde grenzen in de weg. Noch het filantropisme, met zijn oriëntatie op de traditionele beroepenstructuur, noch het vroege neohumanisme, met zijn romantische ideaal van de eenheid van kennis, waren bevorderlijk voor het ontstaan van de moderne, discipline-gerelateerde, hogere technische en wetenschappelijke beroepen of professies.

De visie dat het *polytechnische* onderwijs wetenschappelijk gevormde 'all-round' technici diende op te leiden, die daarna geschikt zouden zijn voor iedere specialisatie binnen de techniek, was bij uitstek gerealiseerd op de polytechnische school te Parijs. Daar volgden, na de reorganisaties van 1804, alle leerlingen verplicht hetzelfde programma. Hoewel de mathematische invulling van die visie nergens in Duitsland overgenomen werd, vond het achterliggende idee van de 'eenheid van de techniek' wel aanhangers. Het meest duidelijk was dit het geval in Pruisen. De door Beuth in 1821 opgerichte *technische Schule* te Berlijn kende een tweejarig uniform lesprogramma dat voor alle studenten verplicht was. Ook na de invoering van de 'Suprema' bleef het basisprogramma voor allen gelijk. Het schoolprogramma van 1832 vermeldt:

.. von den Zöglingen wird gefordert, dass sie alle Stunden besuchen, in allen Zweigen gleich viel leisten, sie mögen sich einem chemischen Gewerbe, einem Bau-Handwerk, oder dem Maschinenbau widmen<sup>106</sup>

Na 1830 verbreidde deze visie zich ook binnen de andere Duitse polytechnische scholen, mede onder invloed van het voorbeeld van het onderwijs aan de *École centrale des Arts et Manufactures*. Aan het curriculum van die Parijse school lag nadrukkelijk het idee ten grondslag dat alle technische wetenschappen een onverbreekelijke eenheid ('la science industrielle') vormden.<sup>107</sup> Dat deze opvatting niet bevorderlijk was voor de totstandkoming van een aparte chemische studierichting behoeft geen betoog.

Om een geheel andere reden had Prechtl's Verlichtingspedagogische onderwijsconcept, dat vóór 1830 een dominante invloed binnen het Duitse polytechnische onderwijs had, hetzelfde effect. Het essentiële kenmerk van het 'Weense model' was immers de mogelijkheid van een vrije vakkenkeuze. De student bepaalde

vooraf voor welk beroep hij opgeleid wilde worden en stelde vervolgens, in overleg met de leraren en de schooldirecteur, een daarop toegesneden vakkenpakket vast.<sup>108</sup> Uniforme lesprogramma's werden door de aanhangers van deze visie juist afgewezen. Het in paragraaf 6.2 geconstateerde gegeven dat uit de doelstellingen van de polytechnische scholen een sterke oriëntatie op de traditionele beroepenstructuur blijkt, wordt bij de scholen van het 'Weense' - en ook van het 'Beierse' - type nadrukkelijk weerspiegeld in de wijze waarop het onderwijs was georganiseerd. De 'Lernfreiheit' was ingesteld, niet vanwege een neohumanistisch persoonlijkheidsideaal, maar uitsluitend om iedere student optimaal op zijn toekomstige beroep voor te bereiden. Afgezien van het beroep van (hoog)leraar in de chemie had het beroep van 'chemicus' nog geen maatschappelijke identiteit, en - dat is de keerzijde van de medaille - het ontbreken van duidelijke studieprogramma's aan polytechnische scholen als die te Wenen zorgde er bepaald niet voor dat zo'n identiteit tot ontwikkeling kon komen.

Zo bleef de op zich opmerkelijke groep studenten die in Wenen in twee of meer onderdelen van de speciale chemie examen deed een maatschappelijk niet herkenbare groep, althans geen groep die zich duidelijk van de traditionele beroepen onderscheidde.<sup>109</sup> Tot enige wijziging in de Weense wijze van curriculumorganisatie leidde het bestaan van deze groep evenmin. Het onderwijsprogramma werd pas later, en om andere redenen, langs disciplinaire lijnen gereorganiseerd. Ook de leerlingen die aan andere polytechnische scholen het onderwijs in de scheikunde volgden zijn vrijwel allen anoniem gebleven. Als fabrikanten, ververs, blekers, katoendrukkers, bierbrouwers en dergelijke vonden zij hun weg in nijverheid.<sup>110</sup>

Over de omvang van deze groep 'technisch-chemisch' geschoolden is, afgezien van de Weense cijfers, voor de periode van vóór 1830 vrijwel niets bekend. De luttel gegevens die wel beschikbaar zijn wijzen alle in dezelfde richting: de studentenaantallen waren overal klein, veel kleiner dan aan het Weense polytechnische instituut. Zo laat zich berekenen dat aan de Berlijnse school omstreeks 1830 ongeveer vier leerlingen per jaar afstudeerden die zich hadden voorbereid op een 'chemisch beroep'.<sup>111</sup> De aantallen leerlingen die per jaar in Karlsruhe, Stuttgart en, iets later, Hannover de school verlieten met het doel een beroep in een 'chemische richting' uit te oefenen, lagen in dezelfde orde van grootte.<sup>112</sup> Behalve de in paragraaf 6.3 genoemde Weense en Praagse assistenten, die bezwaarlijk als typerend voor het gewone onderwijs kunnen gelden, is slechts één 'produkt' van het vroege polytechnische onderwijs als chemicus de geschiedenis ingegaan: Charles Gerhardt (1816-1856), één van de beroemdste Franse chemici van de negentiende eeuw. Zijn biografie is uiterst illustratief voor de hier besproken periode.<sup>113</sup>

Als zoon van een Elzasser loodwitfabrikant werd Gerhardt als 15-jarige in oktober 1831 naar de polytechnische school te Karlsruhe gezonden, met het doel zich daar voor te bereiden op zijn latere werkzaamheden in het familiebedrijf. Een typerende achtergrond voor een leerling van een polytechnische school. Twee jaar lang volgde hij de lessen wiskunde, fysica, chemie en mineralogie en bekwaamde

hij zich in het laboratorium ook op praktisch gebied. In 1833 zette hij zijn studie voort aan de *Handelsschule* in Leipzig en experimenteerde hij in het privé-laboratorium van professor O.L. Erdmann in die stad. Op basis van dat werk publiceerde hij zijn eerste chemische artikel in het *Journal für praktische Chemie*, en vertrok vervolgens in 1834 weer naar zijn ouderlijk huis.

Had Gerhardt de wens van zijn vader gevolgd, dan was hij loodwitfabrikant geworden en had hij zich geschaard bij het kleine legertje naamloze polytechnische chemici van het eerste uur. Gerhardt koos echter voor een wetenschappelijke loopbaan - zowel oorzaak als gevolg van onenigheid met zijn vader - en schoolde zich verder bij Liebig in Giessen, bij Persoz in Straatsburg en bij Dumas in Parijs. Pas op die laboratoria ontwikkelde hij zich tot de ingenieuze onderzoekschemicus die hij later was. Het was niet de Karlsruher polytechnische school die hem tot 'chemicus' had gemaakt.

Nog jaren na de hier besproken periode was het onderwijs in de chemie primair voor toekomstige fabrikanten, ambachtslieden en ingenieurs bestemd. Omstreeks 1830 echter werd een aantal ontwikkelingen in gang gezet die er voor zouden zorgen dat het polytechnische scheikunde-onderwijs veranderde van onderwijs bestemd voor hen die 'im gewerblichen Leben' van de chemie gebruik maakten, tot een opleiding voor technisch-chemici. Aan dat veranderingsproces zijn de volgende drie hoofdstukken gewijd.



## DE POLYTECHNISCHE SCHOLEN EN DE JULIREVOLUTIE VAN 1830: DE OPKOMST VAN DE 'HOGERE TECHNICUS'

De Parijse Julirevolutie van 1830 had gevolgen die verder reikten dan de val van de Bourbons en de politieke opmars van de Franse liberale 'bourgeoisie'. In de maanden die volgden braken overal in Europa rellen en opstanden uit. Ook in landen waar het betrekkelijk rustig bleef werden de politieke kaarten opnieuw geschud. Ambachtslieden en studenten van de *École polytechnique* stonden in Parijs zij aan zij op de barricaden. In Duitsland kwamen studenten, delen van de burgerij en het lagere volk in opstand tegen de macht van regeringen, stadsbesturen en fabrikanten. Het hertogelijk paleis in Brunswijk ging in september in vlammen op. Oproer in Leipzig en Dresden zette de Saksische regering onder druk. Ook in Hessen-Kassel en Hannover kwam het eind 1830 en begin 1831 tot ongeregelde heden, die tot wijzigingen in de regering zouden leiden.

Juist in die staten die de voorafgaande 15 jaar een conservatief en absolutistisch regime hadden gekend, was de onrust het grootst. Terwijl de Zuidduitse overheden reeds vóór 1820 een grondwet hadden ingevoerd, werden nu de regeringen van Saksen, Hessen-Kassel, Brunswijk en Hannover gedwongen hun onderdanen zekere constitutionele rechten te verlenen. Een periode volgde waarin meer dan voorheen rekening gehouden werd met de belangen en wensen van de hogere en middelste lagen van de burgerij. Zo konden in verschillende Duitse staten vertegenwoordigers van de burgerij hun recent verworven invloed aanwenden ten behoeve van de uitbreiding en hervorming van het (poly)technische onderwijs. Economische en politieke belangen gingen hier samen. In de Badense Landdag bracht in 1822 een liberaal naar voren dat 'insbesondere [in konstitutionellen Staaten] polytechnische Institute nicht fehlen [dürfen]. Die polytechnische Schulen könnten und müssten die bürgerliche Pflanzschulen für das Parlament werden'.<sup>1</sup>

De opheffing van handelsbeperkingen, culminerend in de oprichting van de Duitse Tolunie eind 1833, was eveneens in het belang van de 'Wirtschaftsbürger'. Ze versterkte de opgaande beweging van de economische conjunctuur die aan het einde van de jaren 1820 had ingezet. Na verschillende jaren van economische stagnatie volgde een periode van, aanvankelijk bescheiden, economische groei. Door de oprichting van fabrieken, de introductie van machines en de aanleg van spoorwegen vormden de jaren tussen 1830 en 1848 in Duitsland de eerste fase van

de transformatie van een agrarische in een industriële economie.<sup>2</sup>

Het revolutiejaar 1830 vormt daardoor een scharnierpunt in de Duitse - en Europese - politieke en economische ontwikkeling. Een periode waarin restauratieve en conservatieve politieke krachten de overhand hadden, maakte plaats voor een tijdperk waarin de liberale burgerij in toenemende mate de toon aangaf. Een absoluut keerpunt vormde de Julirevolutie echter niet. Ontwikkelingen die na 1830 prominent op de voorgrond traden waren vóór die tijd reeds in gang gezet en ook de invloed van de restauratieve krachten was na het revolutiejaar zeker niet voorbij.

De revolutionaire gebeurtenissen van 1830 en 1831 grepen diep in in de inrichting van het Duitse technische schoolwezen. De polytechnische scholen die na 1830 werden opgericht hadden een ander karakter dan de scholen uit de eerste oprichtingsjaren. Bestaande scholen werden hervormd. Thema's die vóór 1830 slechts incidenteel aan de orde waren gesteld, kwamen daarna in het centrum van het onderwijspolitieke debat te staan. Evenals in de algemene politieke geschiedenis was er in het (poly)technische onderwijs echter ook een niet te verwaarlozen mate van continuïteit. Dit was vooral in Oostenrijk en Pruisen - de twee landen waar de politieke onrust van 1830 het meest effectief was gesmoord - het geval, maar ook in de landen waar wel hervormingen werden doorgevoerd was de breuk in de feitelijke uitvoering van het onderwijs minder radicaal dan men op grond van de ambtelijke rapporten en wetsteksten zou vermoeden. Het zou de gehele periode tussen 1830 en 1850 duren eer de plannen die vlak na 1830 werden opgesteld zouden zijn doorgevoerd. De koersrichting was evenwel een andere dan vóór de Julirevolte, en het is dit gegeven dat het jaar 1830 ook voor het polytechnische onderwijs tot een scharnierpunt maakt.

In Frankrijk werd de nieuwe koers voor het eerst institutionele realiteit. Nog onder het bewind van de Bourbon-regering kwamen daar leden van de liberale oppositie bijeen om een 'École polytechnique civile' op te richten. Omdat de bestaande *École polytechnique* vrijwel uitsluitend op de behoeften van de staatssector was gericht en de 'Écoles des Arts et Métiers' te Châlons en Angers zich primair tot scholing van handwerkslieden bepaalden, bestond er in Frankrijk in feite geen technische school voor industriële, particuliere ingenieurs en leidinggevend fabriekspersoneel. Leden van de liberale burgerij wilden die situatie veranderen door de oprichting van een nieuw instituut. De initiatiefnemers, waaronder de uitgever van het tijdschrift *Le Globe*, Alphonse Lavallée, de wiskundige Th. Olivier en de chemicus Jean-Baptiste Dumas, waren afkomstig uit kringen rond Henri de Saint-Simon, Auguste Comte en de tot 1827 in Parijs woonachtige Alexander von Humboldt. Via het tijdschrift van Lavallée wisten zij particuliere fondsen te verwerven. Een korte liberale episode in het Franse regeringsbeleid zorgde ervoor dat zij nog onder het bewind van de Bourbons toestemming kregen voor de oprichting van hun school. In 1829 ging deze 'polytechnische school voor de burgerij' als de *École centrale des Arts et Manufactures* van start.<sup>3</sup>



De oprichters van de *École centrale* waren er, niet in de laatste plaats vanwege de Britse concurrentie, van overtuigd dat het van het allergrootste belang voor Frankrijk was een school op te richten waar fabrikanten en leidinggevend personeel een hoogwaardige opleiding konden krijgen in 'la science industrielle'. Deze 'science industrielle', waarvan de beschrijvende meetkunde, de chemie en de machinetechniek de belangrijkste ingrediënten waren, was in de ogen van Comte en zijn navolgers het intellectuele gereedschap van een nieuwe maatschappelijke groep, of professie, de 'ingénieur civile'.<sup>4</sup> Deze ingenieurs vormden volgens Comte een tussenklasse, gesitueerd tussen de geleerde stand en de groep der fabriekseigenaren, die als voornaamste taak had het 'organiseren van de relaties tussen de theorie en de praktijk'. Ingenieurs dienden niet gericht te zijn op het vooruitbrengen van de wetenschap, maar uitsluitend op de toepassing van bestaande wetenschappelijke kennis in de praktijk. Wel dienden zij een streng-wetenschappelijke scholing in de benodigde basiswetenschappen te krijgen.

De *École centrale* leidde dan ook technische generalisten op die geschoold werden in alle takken van de 'science industrielle'. Door hun grondige wetenschappelijke en theoretische scholing in zowel de wiskunde, als de werktuigkunde en de chemie, onderscheidden de afgestudeerde fabrikanten en ingenieurs zich enerzijds van de praktisch gevormde ambachtslieden, anderzijds echter ook van de monodisciplinair geschoolde beoefenaren van een bepaalde wetenschap. Hoofd- en handarbeid moesten volgens het sociale en onderwijspolitieke credo van de oprichters van de *École centrale* gescheiden zijn, waarbij de theoretisch geschoolden binnen de fabrieken leiding dienden te geven aan de practici. De resultaten uit verschillende wetenschapsgebieden dienden benut te worden voor het oplossen van complexe, niet aan disciplinaire grenzen gebonden problemen van de praktijk. Of deze nieuwe klasse van wetenschappelijk geschoolde fabrikanten en ingenieurs in de Franse samenleving van de jaren 1820 werkelijk zo scherp onderscheiden kon worden van zowel de ambachtslieden als de geleerden, kan men overigens betwijfelen. De opvattingen van de initiatiefnemers van de Parijse school, waarin de genoemde onderscheidingen en scheidslijnen een centrale rol speelden, moeten wat dat betreft eerder opgevat worden als een sociaal programma dat in hun ogen wenselijk was, maar nog niet gerealiseerd.<sup>5</sup>

Olivier, Dumas en de overige oprichters van de *École centrale* zagen zich als de behoeders van de erfenis van Monge.<sup>6</sup> Door de hervormingen van Laplace was de *École polytechnique* in hun ogen verworden tot een abstract-wiskundige 'École monoteknique', die geen uitstraling meer had naar de particuliere nijverheid. Hun eigen 'polytechnische' school, waarin de drie takken van de industriële wetenschap een gelijkwaardige positie innamen, waarin de beschrijvende meetkunde van Monge weer de plaats innam van de algebra van Laplace, en waarin ruime aandacht was voor praktisch onderwijs in de laboratoria, presenteerden zij dan ook als een voortzetting van de oorspronkelijke polytechnische school van Monge en Fourcroy.

Hier past voorzichtigheid. Parallelen tussen de didactische denkbeelden uit 1794 en die van de oprichters van de *École centrale* waren zeker aanwezig, maar

het zou onjuist zijn om zich volledig door de retoriek van Olivier en zijn collega's op sleeptouw te laten nemen. Een mijns inziens belangrijk verschil tussen de didactische en wetenschapstheoretische denkbeelden van Monge en zijn medestanders en die van de initiatiefnemers tot de *École centrale* ziet men dan namelijk over het hoofd. Dit verschil heeft betrekking op de verhouding tussen wetenschap, techniek en ambacht.

Voor de oprichters van de *École polytechnique* bestond er, zoals ik in hoofdstuk 4 heb laten zien, geen waterdichte scheiding tussen theorie en praktijk en tussen wetenschap en techniek. In het onderwijs dienden theorie en praktijk hand in hand te gaan. Bovendien had de school niet het kennismonopolie: de wetenschap kon men ook leren via de praktijk. Deze ideeën spoorden met de maatschappelijke opvattingen van de eerste generatie 'polytechnici'. De traditionele 'ligne de démarcation ... entre l'artiste et le savant n'existe pas' verkondigde Chaptal en de boodschap die in deze uitspraak besloten lag, had ook weerklonken in Prechtl's rapporten over de oprichting van de Weense polytechnische school.<sup>7</sup>

De visie die aan het onderwijsprogramma van de *École centrale* ten grondslag lag, stond daar diametraal tegenover.<sup>8</sup> De liberale burgers die het initiatief namen tot de nieuwe Parijse school gingen niet alleen uit van een duidelijke sociale grenslijn tussen de geleerde en de ambachtsman - ze voegden er zelfs nog het onderscheid tussen beide groepen en de 'ingenieurs' aan toe - maar ze maakten ook een scherp onderscheid tussen wetenschap en techniek. Beide vormden volgens Comte en zijn volgelingen niet één ondeelbaar geheel of twee gelijkwaardige kennissystemen, zoals bij Fourcroy en Prechtl, maar stonden in een duidelijke hiërarchische verhouding tot elkaar. De wetenschap vormde de basis van de techniek. De studie van de theoretische grondbeginselen diende aan de praktische toepassing vooraf te gaan. Techniek werd daarmee niet veel anders dan 'toegepaste wetenschap'.

Deze opvatting stemde geheel overeen met de ideeën van Laplace. Olivier en de zijnen mochten dan wel verschillende aspecten uit het schoolplan van deze Franse wiskundige afwijzen, in hun visie op de rol die wetenschappelijke scholing diende te spelen verschilden zij niet van hem. Zowel Laplace als de oprichters van de *École centrale* hingen het denkbeeld aan dat, in de woorden van de Duitse neohumanist Wilhelm von Humboldt, 'Bildung durch Wissenschaft' op langere termijn gezien de beste voorbereiding vormde op de 'praktischen Geschäfte des Lebens'.<sup>9</sup>

Hiermee was de nieuwe koersrichting aangegeven. Ook in Duitsland zouden de bestuurders, oprichters en hervormers van polytechnische scholen na 1830 steeds vaker de nadruk leggen op de waarde van een grondige wetenschappelijke scholing. Het technische onderwijs aan ambachtslieden werd gescheiden van dat aan de fabrikanten en 'hogere technici'. Polytechnische scholen richtten zich voortaan primair op deze laatste groep. Juist in deze tijd had Frankrijk een grote invloed op de Duitse cultuur.<sup>10</sup> De misvatting dat het vroege Duitse polytechnische onderwijs naar het 'model' van de *École polytechnique* was ingericht, vindt

zijn oorsprong in de hardnekkige gewoonte in de historiografie om de jaren 1806-1836, waarin vrijwel alle Duitse polytechnische scholen werden opgericht, als een gesloten periode te behandelen. Dat deze scholen zich echter vóór en na 1830 op een andere wijze in de maatschappelijke orde situeerden en een andere relatie tussen de wetenschap en de praktijk belichaamden heeft men onvoldoende onderkend. Pas na 1830 werd ook in Duitsland Laplace's visie dat een grondige wiskundige en natuurwetenschappelijke studie het noodzakelijke fundament voor alle technische opleidingen was, het 'Leitmotiv'. Zowel onder de invloed van de Parijse voorbeelden - de *École polytechnique* en de *École centrale des Arts et Manufactures* - als onder invloed van het Duitse neohumanisme, veranderde het Duitse polytechnische onderwijs tussen 1830 en 1850 van een heterogene verzameling onderwijskundige varianten, waarin het onderwijs aan ambachtslieden ruime aandacht kreeg en een Verlichtingspedagogische 'populair-wetenschappelijke' didactiek ingang had gevonden, in een veel homogener onderwijsstelsel, waarin 'streng-wetenschappelijk' onderwijs voor de hogere burgerij op de voorgrond trad.

Deze transformatie nam, zoals gesteld, de gehele periode tussen 1830 en 1850 in beslag. Het scheikunde-onderwijs aan de polytechnische scholen veranderde daarbij van een onderwijs in de chemie aan ambachtslieden en fabrikanten in een onderwijs voor chemici. Deze cruciale verandering vormt het onderwerp van het huidige en de volgende twee hoofdstukken.

Enerzijds analyseer ik in hoofdstuk 8 of en hoe ontwikkelingen binnen de chemische wetenschap bijdroegen tot de vorming van zulke aparte opleidingen voor chemici. Anderzijds onderzoek ik, in het huidige hoofdstuk, de mate waarin - en wijze waarop - de interne evolutie van het polytechnische schoolsysteem leidde tot het ontstaan van opleidingen voor 'hogere technici'. In hoofdstuk 9 worden vervolgens de in de hoofdstukken 7 en 8 beschreven ontwikkelingen op elkaar betrokken. Centraal staat daar een tweede fase in de ontwikkeling van het polytechnische schoolsysteem, waarin aparte curricula voor aanstaande chemici ontstonden.

In de interne evolutie van het polytechnische onderwijs tussen 1830 en 1850 onderscheid ik zodoende twee fasen. De eerste fase, die ongeveer op de jaren tussen 1829 en 1836 gedateerd kan worden, was er een van 'externe differentiatie'. De polytechnische scholen profileerden zich steeds sterker als een 'hogere' vorm van technisch onderwijs, speciaal bestemd voor de opleiding van de 'höhere Gewerbetreibende' en met een 'höheres wissenschaftlichen Unterricht [für] Techniker'. De scheidslijnen tussen ambachtslieden, fabrikanten en - al dan niet 'hogere' - technici, die daarvóór nog betrekkelijk vaag waren geweest, werden steeds scherper getrokken (hoofdstuk 7).

De tweede fase, die - hoewel niet voor iedere polytechnische school strikt van de eerste fase gescheiden - gemiddeld ongeveer 10 à 15 jaar later plaats vond, bracht vervolgens een 'interne differentiatie', in de vorm van een disciplinaire verkaveling tussen de verschillende groepen 'hogere technici' met zich mee. In die

tijd ontstonden er speciale curricula en 'Fachschulen' voor onder andere werktuigkundigen en chemici. Vakopleidingen voor bouwkundigen, bosbouwers en civiele ingenieurs waren in de meeste gevallen reeds daarvoor ontstaan (§§ 9.3 en 9.7).

## 7.1 Het ontstaan van aparte scholen voor 'hogere' en 'lagere technici'

Het ontstaan van een demarcatielijn - sociaal en begripsmatig - tussen de 'chemische ambachtsman' en de 'chemicus' is ongetwijfeld een belangrijke indicator voor de opkomst van een afzonderlijk beroep van chemicus. Verwees de term 'chemicus' in de late achttiende eeuw in feite naar alle personen met enige kennis en handvaardigheid op het gebied van de chemie, zodat chemische ambachtslieden ook als 'Chemisten' of 'Chemiker' bekend konden staan, rond 1850 was dit niet meer het geval. Terwijl Hermbstaedt in 1802, ter aanprijzing van zijn op specifieke bedrijfstakken gerichte chemische onderwijs, de wens uitte dat de eigenaren van ververijen 'nich bloß empirischer Künstler, ..[aber] *zugleich* gründlicher Chemiker' zouden zijn, maakte de Pruisische overheid in 1850 een scherp onderscheid tussen de 'eigentliche Techniker [Chemiker, Mechaniker oder Bauhandwerker]' aan de ene en de 'Handwerker, Maurer- und Zimmermeister, Brunnenmacher, Mühlenbauer, Gerber, Bierbrauer, Destillateure, Färber u.s.w.' aan de andere kant.<sup>11</sup> Voor 'practici met kennis van de chemie' kwamen 'chemici werkzaam in verschillende praktijken' in de plaats.<sup>12</sup>

Het ontstaan van de genoemde demarcatielijn en de opkomst van het beroep van chemicus laten zich bij uitstek aan de hand van de geschiedenis van het (chemische) onderwijs demonstreren. In de eerste plaats omdat voor de moderne, 'overall inzetbare' chemicus niet meer de bedrijfstak en de specifieke taakstructuur van de arbeidsplaats karakteristiek zijn (zoals voor de 'chemische ambachtsman'), maar de kennis en vaardigheden verworven in een afgeronde opleiding in de chemie, al dan niet door diploma's bezegeld. In de tweede plaats omdat sociale en conceptuele stands- en beroepsonderscheidingen die binnen een samenleving opkomen, bij uitstek in het kader van een onderwijsstelsel scherper gearticuleerd en 'gefixeerd' worden.

Juist om deze redenen is het pedagogische en sociale programma van de oprichters van de *École centrale* zo interessant. Het scherpe onderscheid dat zij maakten tussen het onderwijs aan ambachtslieden en dat aan 'ingénieurs' was immers eerder een anticipatie op de opkomst van een nieuwe 'tussenklasse', dan een afspiegeling van ontwikkelingen die zich in de Franse samenleving al hadden voltrokken. Het onderwijsprogramma van de *École centrale* was mogelijk zelfs constitutief voor het ontstaan van een groep van 'ingénieurs', die op grond van haar praktische en, vooral, theoretische scholing in alle bedrijfstakken inzetbaar was.<sup>13</sup>

**Tabel 7.1:** *Polytechnische scholen en daarmee vergelijkbare instellingen in het Duitse taalgebied: oprichtingsdata, plannen tot oprichting en reorganisaties, 1830-1840.*

Jaar	Plaats	Staat	Naam
1828/34	Berlijn	Pruisen	'Polytechnisches Seminarium'
1829/32	Berlijn	Pruisen	<i>Gewerbe-Institut</i> (r)
1829/33	Praag	Oostenrijk	<i>Polytechnisches Institut</i> (r)
1830/1	Hannover	Hannover	<i>Höhere Gewerbeschule</i>
1831	Kassel	Keurhessen	<i>Höhere Gewerbeschule</i> (ca. 1870)
1831/3	Augsburg	Beieren	<i>Polytechnische Schule</i> (1864)
1832	Karlsruhe	Baden	<i>Polytechnische Schule</i>
1832	Stuttgart	Württemberg	<i>Gewerbeschule</i> (r)
1833	München	Beieren	<i>Polytechnische Central-Schule</i> (r) (1868)
1833	Augsburg	Beieren	<i>Polytechnische Schule</i> (r) (1864)
1833	Neurenberg	Beieren	<i>Polytechnische Schule</i> (r) (1867)
1833	München	Beieren	' <i>Technische Hochschule</i> ' (1840?)
1835	Brunswijk	Brunswijk	<i>Collegium Carolinum</i> (r)
1835/8	Dresden	Saksen	<i>Technische Bildungsanstalt</i> (r)
1836	Darmstadt	Hessen	<i>Höhere Gewerbeschule</i> (1864)
1838/40	Stuttgart	Württemberg	<i>Polytechnische Schule</i> (r)

Opm.: De namen van scholen die daadwerkelijk zijn opgericht (bijlage D) zijn cursief weergegeven. In het geval van het Berlijnse 'Polytechnisches Seminarium' ging het om een mislukte poging tot oprichting (bijlage E). Scholen die tussen 1830 en 1840 een naamswijziging of een belangrijke reorganisatie ondergingen zijn in het betreffende jaar opnieuw vermeld (zie (r)). Bij scholen die vóór 1870 werden opgeheven is achter de naam van de school tussen haakjes het sluitingsjaar aangegeven.

Bron: Bijlagen D en E.

Het ontstaan van een, vergelijkbare, groep van 'eigentliche Techniker' in Duitsland vormt het onderwerp van het huidige hoofdstuk. Het toenemende gebruik van de term 'hogere technicus' is daarbij een van de duidelijkste indicatoren voor het ontstaan van een demarcatielijn tussen de technicus en de ambachtsman. Uitdrukkingen als 'hoger technisch onderwijs' en 'hogere beroepen' waren weliswaar daarvóór ook af en toe reeds gebruikt;<sup>14</sup> toen echter een aantal staten ertoe overging een nationaal stelsel voor het technisch onderwijs te ontwerpen, kreeg het begrip een strategische betekenis.

Absolutistische staten als Hannover, Hessen-Kassel (Keurhessen) en Brunswijk maakten pas na de Julirevolutie een aanvang met de organisatie van hun technische onderwijs en stichtten scholen die zich onmiddellijk bij de oprichting al als 'höhere' nijverheidsscholen afficheerden (tabel 7.1). Politieke motieven speelden

bij deze naamkeuze een rol. Het actieve aandeel dat leerlingen van de *École polytechnique* in de Julirevolutie hadden, zorgde ervoor dat de term 'polytechnisch' in deze, ondanks hervormingen, conservatieve staten taboe was. Hoewel jarenlange discussies over de oprichting van 'polytechnische scholen' hadden plaatsgevonden, koos men na 1830 voor de term 'höhere Gewerbeschule'.<sup>15</sup> In Hannover verwees de term 'höhere' echter tevens naar de organisatie van het technische onderwijs als geheel. De school in de hoofdstad was het sluitstuk van een stelsel van 'Realschulen' die in 16 steden in het koninkrijk werden opgericht.<sup>16</sup>

In verschillende andere Duitse staten werden de bestaande polytechnische scholen grondig gereorganiseerd, sommige reeds luttele jaren na hun oprichting. Alleen in het conservatieve Oostenrijk van Metternich bleven de oude structuren grotendeels intact. Aan het polytechnische instituut te Wenen, dat qua omvang en wetenschappelijke betekenis toen nog ver op de Duitse scholen voorliep, schijnt de herstructureringsbeweging geheel te zijn voorbij gegaan. In Praag was dit laatste niet het geval, maar de hervormingen die werden doorgevoerd (de oprichting van een voorbereidende 'Realschule', die Wenen reeds sinds 1815 kende, de inrichting van een voorbereidende klas, en een strakkere organisatie van het studieprogramma), hadden minder ver reikende gevolgen dan de reorganisaties in het Duitse polytechnische onderwijs.<sup>17</sup> Pas na de revolutie van 1848 zou het in de Praagse en Weense scholen tot ingrijpende hervormingen komen.<sup>18</sup> De leidende positie binnen het Duitstalige polytechnische onderwijs was toen al echter van Wenen op Karlsruhe overgegaan.

Aan de hand van de hervormingen in Beieren, Saksen, Pruisen en Baden zal ik in deze paragraaf laten zien op welke wijze er na 1830 een koersrichting in het polytechnische onderwijs werd ingeslagen die afweek van de schoolorganisatie en didactiek uit de beginperiode.<sup>19</sup> Na deze verhalende behandeling sluit ik het hoofdstuk af met een meer systematische analyse van de demarcaties die door de begrippen 'hogere technicus' en 'hoger technisch onderwijs' werden geïmpliceerd (§ 7.2).

### *Beieren*

De ontwikkelingen die in Duitsland leidden tot een splitsing van het nijverheids-onderwijs in speciale scholen voor ambachtslieden aan de ene en scholen voor fabrikanten en hogere technici aan de andere kant, hingen nauw samen met veranderingen in de organisatie van het onderwijs als geheel. In het bijzonder stonden in de hier aan de orde zijnde periode ook de doelstellingen en inrichting van het gymnasium ter discussie. De publieke en ambtelijke debatten over dit schooltype, die in alle hevigheid woedden van het einde van de jaren 1820 tot aan het begin van de jaren 1840, bepaalden ook de agenda voor de meningsvorming in Duitsland over het technische onderwijs. De eerste impulsen kwamen daarbij uit Beieren.

Kort na het aantreden van koning Ludwig I in 1825 kreeg een commissie, waartoe onder andere de Beierse neohumanist en classicus Friedrich Thiersch (1784-1860) behoorde, de taak een nieuw leerplan voor de gymnasia uit te werken. De voorstellen van deze commissie, die in februari 1829 gepubliceerd werden, kwamen neer op een volledige verwijdering van het natuurwetenschappelijke onderwijs uit het curriculum van de Latijnse scholen en de gymnasia en op een sterke reductie van het aantal lesuren wiskunde. Krachtige protesten van de zijde van de *Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte*, aangevuurd door de natuuronderzoeker en filantropijn Lorenz Oken, hadden nauwelijks resultaat. Hetzelfde gold voor een scherpe aanval van de Pruisische onderwijsbeambte Johannes Schulze op de Beierse verhoudingen. De gewijzigde *Ordnung der lateinischen Schulen und der Gymnasien in dem Königreiche Bayern* van maart 1830 kwam aan de kritiek weinig tegemoet. In lessen in de natuurlijke historie of de fysica was niet voorzien, laat staan in lessen op het gebied van de chemie (dat als 'technisch' en minder 'allgemein Bildend' gold). Tot 1864 zou deze situatie gehandhaafd blijven.<sup>20</sup>

Nadat de Beierse overheid reeds in 1816 de 'Realinstitute' had opgeheven, zette zij met de regelingen van 1829 en 1830 een tweede stap op de weg van een volledige scheiding van het onderwijs aan de geleerde- en ambtenarenstand en dat aan de burgerij. Ondanks de oprichting van verschillende 'Real-' en 'höhere Bürger-Schulen', vervulde het gymnasium in die tijd namelijk overal in Duitsland een dubbele functie, doordat vooral de lagere klassen niet alleen door toekomstige universiteitsstudenten, maar ook door kinderen uit burgerlijke milieu's werden bezocht.<sup>21</sup> De 'nuttige' natuurwetenschappelijke vakken en de moderne talen waren vooral voor deze laatstgenoemde groep bestemd.

Die dubbele rol van het gymnasium bevorderde sociale mobiliteit. Vele leerlingen, ook uit de burgerij, schreven zich na hun schoolperiode in voor een universitaire studie als voorbereiding op een - door velen begeerde - ambtelijke loopbaan. De studentenaantallen aan de Duitse universiteiten stegen dramatisch na de beëindiging van de Napoleontische oorlogen. Van ongeveer 5500 studenten omstreeks 1810 verdrievoudigde zich dit aantal tot bijna 16000 studenten in 1830. Toen trad een kentering in. De studentenaantallen daalden sterk, tot iets meer dan 11000 in 1841.<sup>22</sup>

Redenen voor deze plotselinge daling van het aantal universiteitsstudenten vormden het overaanbod aan afgestudeerden dat op de arbeidsmarkt voor leraren en beambten was ontstaan, in combinatie met de aantrekkende conjunctuur die voor een toenemend aantal beroepsmogelijkheden in de nijverheidssector zorgde. Na 1815 was er aanvankelijk een grote inhaalvraag naar beambten en leraren geweest, maar de toeloop van studenten was te sterk geworden. Overheidsbezuinigingen en een personeelsstop voor ambtenaren in Pruisen deden de rest. Vanaf het einde van de jaren 1820 probeerden de Duitse overheden het toenemende aantal gymnasiumleerlingen en universiteitsstudenten af te remmen. Zij deden dit door officiële waarschuwingen tegen een universitaire studie te verbreiden, door een

verscherping van de exameneisen en een verzwaring van de curricula, en door de oprichting van aparte scholen voor de burgerij, die niet op een universitaire studie of op staatsfuncties voorbereidden.<sup>23</sup> Nieuwe 'Gewerbeschulen', 'Realschulen' en polytechnische scholen moesten er voor zorgen dat een deel van de studentestroom verlegd werd van de universiteiten naar het nijverheidsonderwijs. Ook in dat opzicht vormde het jaar 1830 een scharnierpunt.

Afgezien van Thiersch' bewondering voor de oude Griekse cultuur en nog te noemen politieke redenen, is dit de achtergrond waartegen men de Beierse gymnasiumhervorming moet zien. Door voor het Latijn en vooral het Grieks een zeer grote plaats in het gymnasiale onderwijs in te ruimen, trachtte de Beierse overheid het bezoek aan de gymnasia door leerlingen uit de burgerij te ontmoedigen. De klassieke vorming werd tot de enige grondpijler van de 'allgemeine Bildung' verklaard. In de absolutistische en constitutionele Duitse monarchieën van de Restauratieperiode werd het natuurwetenschappelijk-technische onderwijs - de 'materielle Richtung' - bovendien als de bringer van 'Barbarei', als de vernietiger van alle beschaving, en als politiek uitermate gevaarlijk gezien. Met dit atheïstische en republikeinse gedachtengoed van de Franse 'philosophes' en revolutionairen mochten zeker de geleerde stand en het ambtenarenapparaat niet geïnfecteerd worden. De betrokkenheid van de 'polytechniciërs' bij de revolutie van 1830 had dit oordeel alleen maar versterkt.<sup>24</sup>

De oppositie van de burgerij tegen deze plannen was niet coherent. Terwijl sommigen, zoals Oken, fel streden voor het behoud van een gymnasiale opleiding waar zowel de klassieke talen als de 'werking van de stoommachine' zouden worden gedoceerd,<sup>25</sup> geloofden andere representanten van de burgerij dat hun stand meer gebaat zou zijn bij de oprichting van aparte scholen, toegesneden op de behoeften van de nijverheid. Het was deze laatste richting die in Beieren uiteindelijk de meeste invloed kreeg. Een 'monsterverbond' tussen de neohumanistische onderwijsbeambten en de aan gymnasia verbonden filologen aan de ene en verschillende 'Wirtschaftsbürger' aan de andere kant, zorgde ervoor dat het gehele onderwijsstelsel opgesplitst werd in een 'humanistische' en een 'realistische' richting.<sup>26</sup> De bifurcatie van het algemeen vormende onderwijs was in Beieren een feit geworden. Württemberg volgde het Beierse voorbeeld nog in hetzelfde jaar (1829) en vanuit deze twee Zuidduitse staten werd de nieuwe opzet van het 'humanistische' gymnasium - die sterk afweek van de ideeën van Von Humboldt - vervolgens naar Pruisen 'geëxporteerd'.<sup>27</sup>

In dezelfde periode was het Beierse technische onderwijs in beweging. De twee reeds aangeduide stromingen binnen de burgerij stonden daarbij tegenover elkaar. Natuurwetenschappers, wiskundigen, technici en technisch georiënteerde ondernemers verdedigden doorgaans de mening dat het gymnasiale en het technische onderwijs niet gescheiden mochten zijn, dat hoger technisch onderwijs op wetenschappelijke grondslag nodig was en dat instituten dienden te worden opgericht die zowel technici voor de staats- als voor de privé-sector opleidden. Evenals de



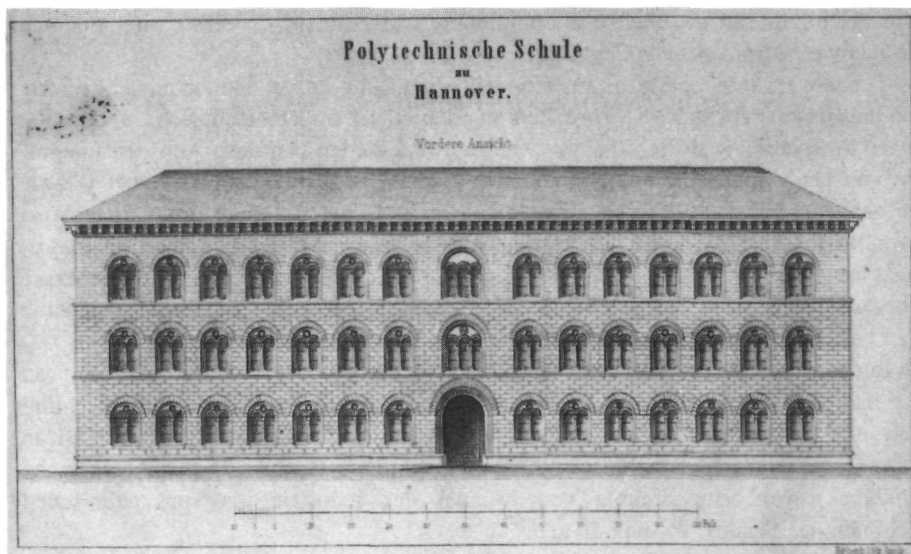
oprichters van de *École centrale*, claimden zij voor de natuurwetenschappelijk en technisch gevormden een leidinggevende positie binnen het maatschappelijk bestel.

Naast Oken behoorden tot deze groep de wiskundige Friedrich B.W. Hermann en het 'driemanschap' Joseph Fraunhofer, Georg Reichenbach en Joseph von Utzschneider.<sup>28</sup> Hermann (1795-1868) was van 1825 tot 1827 in Neurenberg leraar wiskunde aan zowel het gymnasium als aan de polytechnische school en daarna hoogleraar technologie en economie aan de Münchense universiteit. Fraunhofer, Reichenbach en vooral Von Utzschneider vormden in Beieren de voorhoede van de technische modernisering. Reeds in de eerste jaren van de negentiende eeuw hadden zij gezamenlijk enkele werkplaatsen opgericht, waar zij hoogstaande fijnmechanische en optische instrumenten fabriceerden. 'Self-made' natuurkundige Fraunhofer (1787-1826), die oorspronkelijk glasslijper was, nam daarbij de optica voor zijn rekening, de artillerie-officier Reichenbach (1772-1826) de werktuigkunde en het wiskundige rekenwerk en Von Utzschneider (1763-1840) het ondernemerschap. In 1827 werd Von Utzschneider, die in de eerste twee decennia van de eeuw behalve de genoemde werkplaatsen ook een leerlooierij, een bierbrouwerij, een azijnmakerij en een lakenfabriek had opgericht en jarenlang aan het hoofd van de Beierse zoutmijnbouw had gestaan, de eerste directeur van de nieuwe *Polytechnische Centralschule* te München.

Tegenover deze eerste groep stonden een aantal burgerlijke kapitaalbezitters, handelaars en fabrikanten. Voor hen stond niet het hogere technische onderwijs, maar de scholing van de arbeiders en handwerkslieden centraal. Aan een integratie van het gymnasiale en het technische onderwijs hechtten zij niet veel waarde en aan een integratie van de opleidingen voor de staats- en de industrietechnici evenmin. Aanvoerder van deze groep was de Neurenbergse koopman en magistraat Johannes Scharrer (1785-1844), oprichter en directeur van de Neurenbergse polytechnische school en jarenlang de voorvechter van een 'praktische' oriëntatie van het (poly)technische onderwijs.<sup>29</sup>

Reeds in 1823 kwam een speciale commissie onder voorzitterschap van Reichenbach, waarvan ook Fraunhofer lid was, met een nota waarin de oprichting van een Beierse 'technische universiteit' werd bepleit. Evenals de school in Wenen, zou deze 'polytechnische Anstalt ... als eine Hochschule aller technische Studien sowohl zur Bildung von Männern der Industrie als von technischen Beamten des Staates' moeten dienen.<sup>30</sup>

Hoewel de Beierse koning eind 1825 aan de wensen van de Landdag tegemoet kwam en rijksgelden beschikbaar stelde voor de polytechnische school in Neurenberg en een nog op te richten school in München, verliep de uitbreiding van het technische onderwijs niet volgens de lijnen die de commissie Reichenbach had geschetst. Mede op financiële gronden besloot de Beierse overheid het onderwijs aan staatstechnici te integreren in de kameralistische opleiding aan de in 1826 naar München verplaatste universiteit, en de reeds langer te München bestaande zondag- en avondschool uit te breiden tot een polytechnische school voor ambachtslieden en fabrikanten. Op 27 september 1827 zag die polytechnische school officieel het licht.<sup>31</sup> Geheel tegen de wens van Fraunhofer en Reichen-



**Afb. 23 en 24:** De nieuwe plaats die de polytechnische scholen na 1830 innamen in het Duitse onderwijssysteem vond ook zijn weerslag in een toenemende bouwactiviteit. Vanaf 1835 kregen verschillende, tot dan toe provisorisch gehuisveste (afb. 17) scholen de beschikking over nieuwbouw. Karlsruhe en Hannover openden de rij, scholen in onder andere Darmstadt (1843-45) en Dresden (1844-46) volgden. De bestuurders en docenten van de verschillende polytechnische scholen hielden elkaar scherp in de gaten, hetgeen ook blijkt uit de grote overeenkomsten in bouw en inrichting (vgl. afb. 26). De bovenste afbeelding toont de voorgevel van de in 1836 geopende polytechnische school te Karlsruhe (uit: *Festgabe zum Jubiläum* (1892), pag. 288), de onderste afbeelding de façade van de 1834-37 gebouwde *Höhere Gewerbeschule* in Hannover (uit: Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844)) (Fotodienst TU Delft).

bach was zo de splitsing van het technische onderwijs in een wetenschappelijke tak voor staatstechnici en een op een veel lager plan staande praktische en 'populair wetenschappelijke' tak voor de nijverheid een feit geworden.<sup>32</sup>

Nog in 1826 had F.B.W. Hermann in zijn boek *Ueber Polytechnische Institute* naar voren gebracht dat polytechnische scholen op gelijke hoogte met de universiteiten dienden te staan. Hun taakgebied was het 'höhere Gewerbe', tot meerdere 'Würde eines innerlich freien, durch Einsicht des Verfahrens erleuchteten Standes'.<sup>33</sup> Ook hij vond geen gehoor. De Beierse regering koos voor een ambachtelijke oriëntatie:

Eine Polytechnische Schule solle .. sich nicht zu vornehm dünken, in die Arbeitsstätte des Handwerkers belehrend hinabzusteigen. Eine solche Schule kann nur gedeihen, wenn sie .. nicht in ihren Wirkungskreis höhere .. Gegenstände hineinzieht...<sup>34</sup>

Het onderwijs aan de nieuwe *Polytechnische Centralschule* mocht volgens de oprichtingsstatuten 'nicht.. strengwissenschaftlich' zijn en was zowel voor handwerkslieden ('Selbstarbeiter') als voor toekomstige 'Aufseher und Werkführer' bestemd, die de leeftijd van 'minstens twaalf jaar' hadden bereikt. De invloed van de Verlichtingsdidactiek was daarbij onmiskenbaar:

[die] Lehrmethode ... dieser Schule .. [soll].. populär sein, daher nicht in strengwissenschaftlichen Vorträge, sondern vorzüglich in practischen Demonstrationen bestehen, mehr anschaulich als theoretisch sein...<sup>35</sup>

Het verschijnen van Thiersch' *Plan der künftigen Einrichtung der lateinischen Schulen und Gymnasien in Bayern* in februari 1829 maakte, vanwege de dubbele functie die het gymnasium voordien vervuld had, ook een herziening van het technische onderwijs urgent. Diezelfde maand kondigde de *Schulkommission* dan ook aan dat de regering in alle grotere Beierse steden 'Gewerbe- und Landwirtschaftsschulen' zou oprichten.<sup>36</sup> Deze waren voornamelijk voor de lagere nijverheidsberoepen bestemd. In hetzelfde decreet kondigde de Beierse regering, op aanraden van Von Utzschneider, ook een hervorming van het polytechnische onderwijs af. Voortaan richtte de Münchense school zich op:

derjenigen, welche sich der Unternehmung oder Leitung der Manufacturen und Fabriken widmen, oder zu einem anderen Zwecke höhere Kenntnisse der Technik, als bei der Erlernung von gewöhnlichen Gewerben erworben werden können, sich zu verschaffen suchen.<sup>37</sup>

De 'Selbstarbeiter' waren van de agenda verdwenen. Voor de leerlingen die overbleven was het niet meer noodzakelijk 'part-time' onderwijs te volgen, zoals tot dan toe gebruikelijk was, omdat zij uit families kwamen 'welche Vermögen genug besitzen, um sich ganz dem Studium der polytechnische Fächer zu widmen'.<sup>38</sup> Ondanks krachtig verzet van Scharrer voerde de Beierse regering een dergelijke reorganisatie ook in Neurenberg door. De splitsing van het technisch

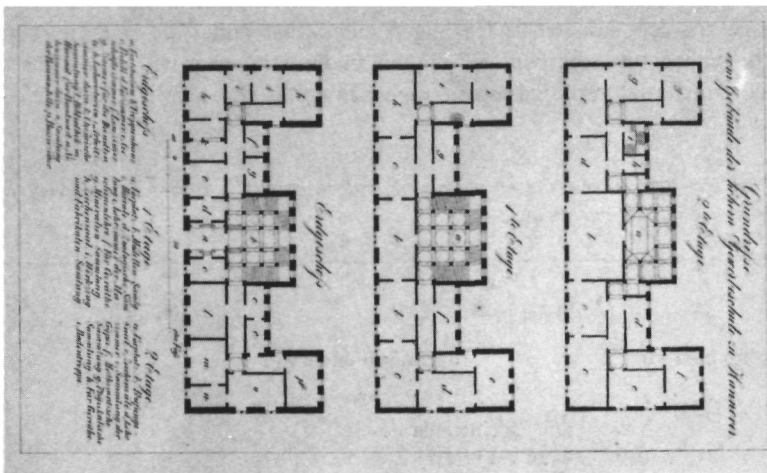
onderwijs in aparte scholen voor ambachtslieden en voor fabrikanten en technisch leidinggevend personeel was in Beieren in beginsel een feit geworden.

De felle strijd over de inrichting van de gymnasia en de technische scholen zorgde evenwel voor vertraging. Tussen 1829 en 1833 bogen zich nog verschillende regeringscommissies over de inrichting van het technische onderwijs.<sup>39</sup> In deze discussies participeerde uiteraard ook Joseph von Utzschneider, de directeur van de Münchense polytechnische school. Met een 'Denkschrift' dat hij op 9 maart 1831 aanbood aan het Beierse parlement (*Ständekammer*), had hij zowel het ongedaan maken van de gymnasiumregeling van 1830 op het oog, als de wedergeboorte van het uit 1823 daterende plan voor een 'polytechnische Hochschule'. Pas na een uniforme vijfjarige gecombineerde gymnasiale- en burgerschool, waar zowel 'humanistische' als 'realistische' vakken gedoceerd zouden worden, mocht volgens Von Utzschneider een splitsing worden doorgevoerd in een driejarige 'höhere Lehranstalt' - die voorbereide op zowel de universiteit als op een nog op te richten 'polytechnische Hochschule' - en een eveneens drieklassige 'höhere Gewerbeschule', welke voorbereide op beroepen voor de nijverheid. De 'polytechnische Hochschule' was zowel voor de hogere industriële technici als voor de technische staatsbeambten bestemd. Zij zou op een gelijke hoogte met de universiteiten dienen te staan.<sup>40</sup>

Dit plan was onder de toenmalige Beierse verhoudingen onhaalbaar. De gymnasiumleraren en delen van de liberale burgerij waren tegen. Utzschneiders opponent Johannes Scharrer maakte in 1832 in opdracht van de Beierse regering een reis naar Berlijn waar hij een grondige studie maakte van het daar aanwezige technische onderwijs, met name van de *städtische Gewerbeschule* en het *Gewerbe-Institut*. Het rapport dat hij hierover in de zomer van 1832 schreef oefende een grote invloed uit op de uiteindelijke organisatie van het Beierse technische schoolwezen, die op 16 februari 1833 bij Koninklijk Besluit werd vastgesteld.<sup>41</sup> Deze *Verordnung die Gewerbs- und polytechnischen Schulen betreffend* was de eerste overheidsregeling in Duitsland waarin het gehele technische dagonderwijs in een staat geregeld werd op alle niveau's en voor het gehele land.

Het nieuwe Beierse stelsel voor technische onderwijs, dat van 1834 tot in de jaren 1860 van kracht zou blijven, kende een viertal niveaus.<sup>42</sup> Op het laagste niveau stonden de latijnse scholen en de gewone 'Deutsche' of 'Volks-Schulen'. Vanaf het twaalfde levensjaar kon een leerling de drieklassige 'Gewerbs- und Landwirtschafts-Schule' bezoeken. Dit was het tweede niveau. De oprichting van 28 van zulke scholen in de hoofdsteden van de Beierse departementen tussen 1833 en 1835, betekende een enorme groei van de mogelijkheden tot technisch onderwijs (en overigens, in de eerste jaren, ook een schreeuwend gebrek aan vakbekwame leraren).<sup>43</sup>

De 'Gewerbeschulen' hadden een dubbele taak. Enerzijds waren het beroepsopleidingen voor ambachtslieden en lagere technische beroepen uit de nijverheid. Anderzijds fungeerden ze als vooropleiding voor de scholen op het derde niveau: de drie 'Polytechnische Schulen' die, gedeeltelijk op basis van bestaande instellin-

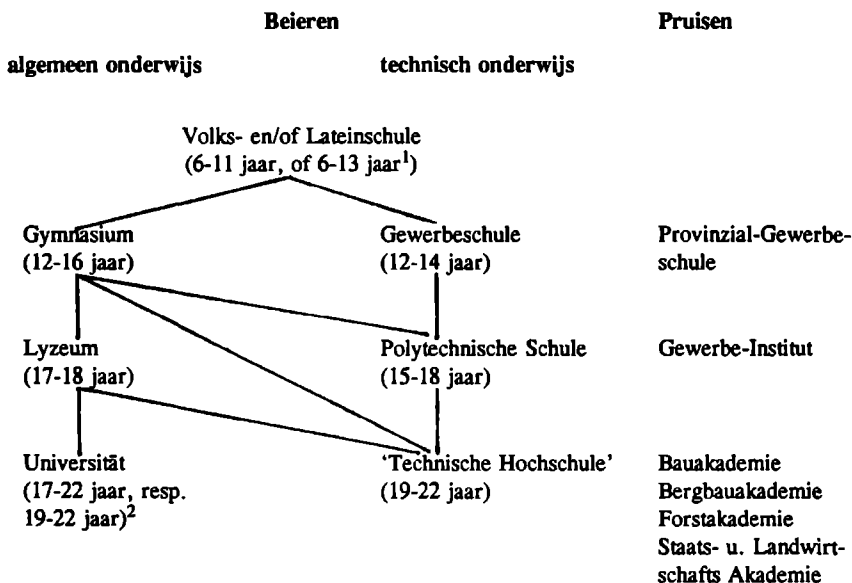


**Afb. 25:** Het chemische laboratorium van de polytechnische school in Hannover bevond zich tussen 1837 en 1853 in twee ruimten op de begane grond (h). Daarnaast had de chemie-docent Heeren nog de beschikking over twee werkcamers (i) en een preparatenkamer (k) (Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844)).

**Afb. 26:** De plattegrond van de in 1844-46 gebouwde nieuwbouw van de *Technische Bildungsanstalt* te Dresden kwam sterk met die van de school in Hannover overeen. Beide gebouwen hadden een ca. 60 meter lange gevel en twee zijvleugels met een grootste lengte van ca. 20-25 meter. Terwijl in Hannover echter de hoofdingang zich in de lange rechte voorgevel bevond, was deze ingang in Dresden tussen de twee uitstekende zijvleugels geplaatst. Voor het chemische onderwijs in Dresden stonden niet alleen de twee laboratoria voor de I. en de II. klas ter beschikking, die zich net als in Hannover op de begane grond van de linker zijvleugel bevonden, maar ook een technisch laboratorium in het souterrain (*Fotodienst TU Delft*).

gen, in München, Neurenberg en Augsburg werden opgericht. Op deze, eveneens drielassige scholen, konden de leerlingen zich vanaf hun 15de jaar voorbereiden op een 'hoger technisch beroep', of op een studie aan een instelling op het vierde niveau, administratief verenigd in een zogenaamde 'Technische Hochschule'.

**Schema 7.1: Het Beierse geleerde en technische onderwijsstelsel na 1833 en, ter vergelijking, het Pruisische technische onderwijs.**



Opm.: 1 = De Volksschule was voor leerlingen van 6-11 jaar, de Lateinschule voor leerlingen van 8-11 jaar of, in die plaatsen waar de laagste klassen van het gymnasium bij de Latijnse school waren gevoegd, voor leerlingen van 8-13 jaar; 2 = Een student diende voordat hij tot een 'faculteitsstudie' werd toelaten eerst het Lyzeum te bezoeken, of twee jaar aan de 'filosofische faculteit' (17-18 jaar) te studeren.

Bron: Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 128-129, 137; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 21-22; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 80-83.

Deze 'Technische Hochschule' leek alleen in naam op het instituut dat Utzschneider had voorgesteld. Geld voor de oprichting van een nieuwe instelling werd niet uitgetrokken. De hogeschool was een administratieve constructie die alle instellingen omvatte waar staats technici konden worden opgeleid. Dat was in de eerste plaats de 'Staatswirtschaftliche Fakultät' van de universiteit van München

waar ingenieurs, mijnbouwkundigen en bosbouwers konden worden opgeleid, in de tweede plaats de *Akademie der bildende Künste* te München voor de opleiding van architecten en in de derde plaats de *Landwirtschaftliche Schule* te Schleissheim. Aan Utzschneiders eis om het onderwijs aan private- en staatstechnici te integreren was zodoende niet tegemoet gekomen. De mogelijkheid die geopend werd om via de achterdeur van de polytechnische school toch op de universiteit te belanden, kan nauwelijks een compromis genoemd worden.

Voor de aanvankelijk openstaande mogelijkheid voor leerlingen van de 'Gewerbe-' en de 'Polytechnische-Schulen' om enige lessen aan de Latijnse scholen en de gymnasia te volgen, gold dit wel. Het was een - mede door financiële overwegingen ingegeven - compromis in de richting van Von Utzschneiders ideeën. Eendrachtige samenwerking tussen de gymnasiumleraren en de fractie rond Scharrer zorgde er echter voor dat deze gelegenhedsoplossing weldra om zeep geholpen werd. De technische scholen werden geheel 'self-supporting', ook wat het algemeen-vormende onderwijs betrof.<sup>44</sup>

Utzschneiders voorstel om het algemene, 'humanistische', onderwijs en het natuurwetenschappelijk-technische onderwijs met elkaar te integreren, was daarmee van de baan. De verordening van 1833 en met name de uitvoeringsbepalingen van 1836, voerden de bifurcatie van het Beierse onderwijs systematisch door. Naast de gewone, 'wetenschappelijke', gymnasia stonden voortaan de 'Technische Gymnasien' (= 'Gewerbeschulen'), naast de 'Lyzeen' de 'Technische Lyzeen' (= 'Polytechnische Schulen') en naast de 'Hochschule' (universiteit) de 'Technische Hochschule'.<sup>45</sup> Deze benamingen waren, wanneer we ook op de leeftijdsopbouw letten, nogal flatteus voor de technische scholen (zie schema 7.1). De tweedeling van het onderwijs in een 'humanistische' en een 'realistische' tak wordt er echter duidelijk door geaccentueerd.

Het Beierse voorbeeld kan model staan voor de veranderingen die omstreeks 1830 overal in het Duitse onderwijs werden doorgevoerd. Vatten we de hoofdlijnen samen, dan gaat het in de eerste plaats om het ontstaan van een tweeledig onderwijsstelsel, met aparte opleidingsstromen voor de 'Bildungsbürger' en de 'Wirtschaftsbürger', en in de tweede plaats om een opdeling van het technische onderwijs in verschillende niveau's, waarbij het onderwijs aan ambachtslieden los van dat van de fabrikanten en 'hogere technici' kwam te staan.

Doordat Beieren de eerste Duitse staat was waar het gehele onderwijs binnen een omvattend en uitgebalanceerd landelijk stelsel geregeld was, kunnen de verschillende veranderingen in het onderwijs bij uitstek aan de hand van het Beierse voorbeeld zichtbaar worden gemaakt. Daarom heb ik juist dit voorbeeld zo uitvoerig behandeld en aan de hand daarvan laten zien welke verschillende groepen en visies streden om de toekomst van het technische onderwijs. Ook werd zichtbaar dat de gekozen oplossingen veelal een compromiskarakter hadden. Een speciale school voor een werkelijke 'tussenklasse' van 'hogere technici' - in de lijn van de *École centrale* en de ideeën van mensen als Von Utzschneider - kwam in Beieren niet van de grond. Wel legde de opsplitsing van het technische

onderwijs in een drietal niveau's in principe de demarkatielijnen tussen de 'staatstechnici', de 'hogere nijverheidstechnici' en de 'ambachtslieden' vast. In de praktijk echter verkeerden de Beierse polytechnische scholen, in vergelijking tot hun zusterinstellingen elders in de Duitse Bond, nog jaren in een merkwaardige tussenpositie. Het ambachtelijke onderwijs in de mechanische werkplaats, bijvoorbeeld, had juist aan de Beierse polytechnica nog tot in de jaren 1860 een prominente plaats in het curriculum.<sup>46</sup>

### Saksen

In Saksen stonden de debatten sterk in het teken van de politieke gebeurtenissen van 1830. De herziening van het onderwijs vormde een voornaam punt op de agenda van de nieuwe Landdag, die op basis van de in 1831 vastgestelde grondwet was gevormd. De regering voer daarbij, als gevolg van de Julirevolutie, aanvankelijk een progressieve koers. De conservatieve fractie was in de Saksische Landdag evenwel bijzonder invloedrijk. Regeringsvoorstellen om het natuurwetenschappelijk onderwijs aan de gymnasia uit te breiden en om kennis van de 'Realwissenschaften' tot voorwaarde te maken voor een benoeming in overheidsdienst, stuitte op hevig verzet. Invoering van het onderwijs in de natuurwetenschappen, vooral in de chemie, zouden de 'flache Bildungsweise', de 'Geist der Unruhe' en de anti-monarchistische geest van de *École polytechnique*, uit Frankrijk naar Saksen importeren. In 1834 boekten de conservatieven in de Landdag hun overwinning. Ook de Saksische overheid weerde de natuurwetenschappen voortaan van de gymnasia en verbande deze naar de realistische 'tweede weg'.<sup>47</sup>

Reeds in 1832 had de liberale burgerij, verenigd in de *Industrieverein für das Königreich Sachsen*, de oprichting van speciale 'Gewerbeschulen' geëist. In hetzelfde jaar dat het debat over het gymnasiale onderwijs afgesloten was, nam de Eerste Kamer ook de voorstellen van de *Industrieverein* in hoofdlijnen aan. De definitieve realisering volgde twee jaar later, toen de Saksische regering begin 1836 besloot om in Chemnitz, Plauen en Zittau een drietal 'Gewerbeschulen' op te richten, die een onderdeel zouden vormen van één samenhangend stelsel voor het technische onderwijs, waarvan de gereorganiseerde Dresdense *Technische Bildungsanstalt* het sluitstuk vormde. Net als in Beieren had daarbij het Pruisische stelsel model gestaan.<sup>48</sup>

Tussen 1835 en 1838 werd de school in Dresden grondig gereorganiseerd. Terwijl de *Technische Bildungsanstalt* aanvankelijk vooral uit een avond- en zondagsschool en een scholingsinstituut voor 'Mechaniker' bestond, voorzag het nieuwe organisatieplan van 1835 in de uitbreiding van de school met een wetenschappelijk georiënteerde bovenbouw ('obere Abteilung') en een reorganisatie van de reeds bestaande onderbouw ('untere Abteilung'). De onderbouw correspondeerde met de drieklassige 'Gewerbeschulen' in Chemnitz, Zittau en Plauen en het Dresdense curriculum vervulde voor deze scholen een voorbeeldrol. Net als de Pruisische 'Provinzial-Gewerbeschulen' en de Beierse 'Kreis Landwirtschaft- und



Gewerbsschulen', hadden de 'untere Abteilung' en de drie 'Gewerbeschulen' een dubbele taak. Enerzijds waren het voorbereidende scholen voor de 'obere Abteilung' van het Dresdense instituut, anderzijds - en in een veel belangrijker mate - waren het directe beroepsopleidingen voor de nijverheid. De voorbereiding op een gewone, niet op verbetering en innovatie gerichte, beroepsuitoefening stond daarbij voorop.<sup>49</sup>

De nieuwe bovenbouw in Dresden bood daarentegen de mogelijkheid tot een langere en meer theoretische scholing. Met het populair-wetenschappelijke onderwijs uit de oprichtingsjaren werd gebroken. Toen de inrichting van de 'obere Abteilung' in 1838 was voltooid, bood ze volgens de Saksische overheid dan ook een 'vollständige Ausbildung wissenschaftlicher Techniker vom Fach für privaten oder öffentlichen Beruf'.<sup>50</sup> Ook in Saksen was daarmee de scheiding tussen de ambachtelijke en de 'hogere' technici institutioneel vastgelegd.

### Pruisen

De Beierse en Saksische overheden waren in hun onderwijswetgeving op het punt van de scheiding van het ambachtelijke en het hogere technische onderwijs verder gegaan dan het oorspronkelijke Pruisische systeem dat hen tot voorbeeld diende. Toen Beuth tussen 1820 en 1826 in Pruisen zijn hiërarchisch georganiseerde stelsel van provinciale ambachtsscholen opbouwde, met het Berlijnse *Gewerbe-Institut* aan de top, wilde hij nadrukkelijk op alle niveau's theoretisch-wetenschappelijk onderwijs met een training van ambachtelijke vaardigheden combineren.<sup>51</sup> Dit uitgangspunt wist hij echter in de periode dat hij het bewind voerde (tot 1845) niet onverkort te handhaven. Ook in Pruisen werden omstreeks 1830 de verschillen tussen de diverse niveau's binnen technische onderwijs verder aangescherpt. Het Berlijnse *Gewerbe-Institut* kreeg daarbij een meer wetenschappelijke oriëntatie.

Deze heroriëntatie hing samen met pogingen die het *Kultus*-ministerie vanaf eind 1827 ondernam om in Berlijn een op een hoog wetenschappelijk peil staande polytechnische school naar Frans voorbeeld op te richten, met zwaartepunten op de wiskunde en de chemie. Deze pogingen waren sterk beïnvloed door de in hoog wetenschappelijk aanzien staande Alexander von Humboldt, die in direct contact met het hof en met de onderwijsbeambten stond. Zijn druk bezochte *Kosmos*-lezingen in 1827 en 1828 gaven de bevordering van 'streng wetenschappelijk' natuurkundig, chemisch en technisch onderwijs bovendien een breed draagvlak onder de Berlijnse beambtenlaag en onder de burgerij. De wetenschappelijke heroriëntatie van het onderwijs aan het *Gewerbe-Institut* spoorde met deze algemeen erkende noodzakelijkheden, terwijl tevens - Beuths *Handelsdepartement* was op dit vlak op weinig anders gericht - het *Kultus*-ministerie de wind uit de zeilen werd genomen.<sup>52</sup>

Bij de ontwikkeling van het Berlijnse *Gewerbe-Institut* in een meer wetenschappelijke richting speelden de leraren van de school een voornaam rol. Direct na de oprichting van de *École centrale* bracht de hoogleraar chemie en fysica E.L.

Schubarth een bezoek aan het nieuwe Parijse instituut. Aan zijn conclusie dat het onderwijs in Parijs op een hoger plan stond, koppelde hij in 1829 bij zijn terugkeer de aanbeveling om de toelatingseisen voor de Berlijnse school te verhogen en het onderwijs in de natuurwetenschappelijke basisvakken sterk uit te breiden. Hoewel Beuth Schubarths visie niet volledig deelde bleef dit pleidooi niet zonder resultaat. Tussen 1829 en 1832 bracht hij het aantal lesuren in de wiskunde, de fysica en de chemie in de eerste twee semesters elk van 4 op 6 uur per week en hevelde hij het onderwijs in de statica en mechanica over van het tweede naar het derde cursusjaar ('Suprema'). De toegepaste wiskunde en de beschrijvende geometrie kwamen in het tweede jaar voor deze vakken in de plaats. De grootste wijzigingen onderging het curriculum van de 'Suprema': de school bracht de lengte van dit onderdeel van één op twee semesters, voegde een nieuwe praktische cursus voor de chemische beroepen toe, en breidde de staf uit om dit onderwijs te kunnen geven. Nog in 1829 stelde Beuth een extra hulpleraar aan (Dr. W.E. Fuss), die verbonden was aan het practicum.<sup>53</sup>

Deze veranderingen vergrootten de kloof tussen de 'Provinzial-Gewerbeschulen' en het *Gewerbe-Institut*. Het schoolprogramma van 1832 kan daarbij als mijlpaal gelden, vanwege het expliciete onderscheid dat daarin gemaakt werd tussen de handwerkslieden en werkmeesters aan de ene en 'zij die een hogere opleiding nodig hadden' aan de andere kant.<sup>54</sup>

Deze ontwikkeling stond niet los van het overaanbod van academici op de arbeidsmarkt voor overheidsbetrekkingen. De aristocraat Von Seydlitz, lid van de *Verein zur Beförderung des Gewerbefleisses in Preussen*, ontleende in 1829 aan de misstanden op dat gebied een belangrijk argument om de wiskunde, de fysica en de chemie in Duitsland te bevorderen:

denn sonst geht [Deutschland ...] zu Grunde: das besoldete Beamtenheer, Juristen, Kamerallisten, die der Staat für den Rossmühlengang füttern muss, saugen ihm das Mark aus, Künste und Gewerbe gehen nach Brod, die selbständige Menschen nehmen immer mehr ab..<sup>55</sup>

Juist de zonen uit de hogere standen zouden, volgens Von Seydlitz, af moeten zien van een universitaire studie in de 'Brotwissenschaften' en zich geheel dienen te wijden aan de beoefening van een technisch, burgerlijk beroep. Om dit te bevorderen stelde hij een studiefonds in dat, via de *Verein zur Beförderung der Gewerbefleiss* die het beheer kreeg, bestemd werd voor leerlingen van het *Gewerbe-Institut*. De demarcatielijnen tussen staatstechnici, fabrieksleiders en ambachtslieden werden daarbij door Von Seydlitz scherp getrokken. Voor de kinderen van handwerkslieden mocht zijn fonds niet worden gebruikt en wie later toch een staatsbetrekking aannam moest het ontvangen stipendium weer terug betalen. De vorming van een wetenschappelijk geschoolde voorhoede van zelfstandige fabrikanten was het uitdrukkelijke doel.

Ook het Pruisische *Kultus*-ministerie nam maatregelen in verband met de arbeidsmarkt. In 1832 verruimde zij de maatschappelijke mogelijkheden voor de leerlingen van de 'Realschulen', terwijl zij in 1834 de toelatingseisen tot de

universiteiten juist verscherpte. Een met een 'Abitur' afgesloten gymnasiale opleiding was voortaan in Pruisen de enig mogelijk route naar een studie in de medische, de juridische of de theologische faculteit. Hoewel minder absoluut dan in Beieren en Saksen, tekende zich ook in Pruisen de bifurcatie van het onderwijsstelsel af, die de toestroom naar de universiteiten moest afremmen. Vanaf het einde van de jaren 1830 zou deze kloof tussen de 'realistische' en de 'humanistische' opleidingsweg zich in verder verdiepen. Het volgen van een gymnasiale opleiding werd voortaan in Pruisen de enige zekere weg om op de maatschappelijke ladder omhoog te komen.<sup>56</sup>

### *Baden*

Tijdens deze woelige periode in de geschiedenis van het Duitse onderwijs verscheen in 1833 in Karlsruhe een boek dat grote invloed zou uitoefenen op de toekomst van het polytechnische schoolwezen. De volledige titel ervan weerspiegelde goed de inhoud en de bedoelingen van haar auteur: *Ueber technische Lehranstalten in ihrem Zusammenhange mit dem gesamten Unterrichtswesen und mit besonderer Rücksicht auf die Polytechnische Schule in Karlsruhe*. Schrijver was de liberale staatsman Karl Friedrich Nebenius, in 1818 de voornaamste opsteller van de Badense grondwet, volgeling van Adam Smith en een van de geestelijke vaders van de Duitse 'Zollverein'.

De nieuwe Badense Landdag die na de Julirevolutie over de gehele linie een actief hervormingsbeleid voerde, constateerde in 1831 dat de bestaande Latijnse scholen en gymnasia voor de burgerij van weinig betekenis waren en eiste daarom de oprichting van 'Realschulen'.<sup>57</sup> De debatten tussen regering en Landdag die volgden, vormden de onmiddellijke aanleiding tot het verschijnen van Nebenius' geschrift. In zijn functie als directeur binnen het Ministerie van Binnenlandse Zaken was Nebenius sinds 1830 verantwoordelijk voor het gehele Badense onderwijs. Zijn boek kan dan ook worden opgevat als een 'Memorie van Toelichting' bij de reorganisatie van de polytechnische school te Karlsruhe van 1832 en bij de herziening van het gehele Badense middelbare onderwijs van 1834.

Meer dan ieder ander in die tijd trachtte Nebenius een grondige maatschappelijke en economische rechtvaardiging op te stellen voor de noodzakelijk geachte veranderingen binnen het onderwijs. Uitgaande van een voortrekkersfunctie van de hogere burgerij - de 'höheren produktiven Klassen' - binnen de nijverheid, van een aparte rol van de geleerden op het gebied van de geestelijke cultuur, en van een speciale verantwoordelijkheid voor het gehele onderwijs van de zijde van de staat, deduceerde hij op systematische wijze een nieuwe structuur voor het Badense onderwijs. De hoofdlijnen ervan - in het bijzonder de creatie van drie aparte onderwijsroutes voor de geleerde- en beambtenstand, voor de hogere burgerij en voor de arbeiders en ambachtlieden - weken niet af van wat in die tijd elders in Duitsland ontstond. Op het punt van de scheiding tussen het lagere en het hogere technische onderwijs ging Nebenius evenwel verder dan zijn collega's uit Beieren, Saksen en Pruisen.

Centraal stond voor hem de emancipatie van de liberale burgerij. Om hun leidinggevende rol binnen de nijverheid goed te kunnen vervullen dienden zowel hun vaktechnische scholing als hun algemene vorming op een hoog peil te staan. Belangrijk was bovendien dat zij niet aan dezelfde scholen opgeleid zouden worden als hun (toekomstige) ondergeschikten. Het Pruisische stelsel, waarin de 'Provinzial-Gewerbeschulen' zowel eindonderwijs voor de ambachtslieden boden, als voorbereidend onderwijs voor het *Gewerbe-Institut*, wees Nebenius danook beslist van de hand. Zijn grote voorbeeld was Frankrijk, met zijn strenge differentiatie tussen de lagere technische scholen in Châlons en Angers en de wetenschappelijk-technische topinstituten in Parijs.

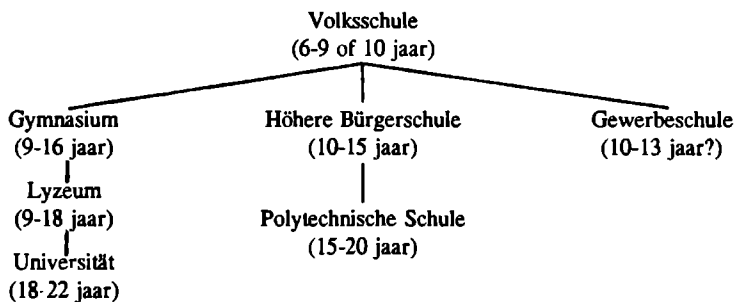
De polytechnische school in Karlsruhe vormde het eindpunt van de onderwijsroute voor de hogere burgerij. Met de hervorming van 1832 werd het wetenschappelijk niveau van de school verhoogd en een heldere organisatiestructuur geschapen. De functies van de *École polytechnique*, de *École centrale* en de 'écoles spéciales' werden door Nebenius binnen één instelling samengebracht en op een samenhangende wijze gecombineerd.<sup>58</sup> Anders dan Pruisen, Beieren en Saksen koos de meest liberale Duitse staat Baden nadrukkelijk voor de samenvoeging van het onderwijs aan fabrikanten en staatstechnici binnen één instituut.<sup>59</sup> De laagste twee klassen van de school (de zogenaamde 'algemene' of 'mathematische' klassen) verzorgden na de reorganisatie van 1832 de wetenschappelijke basisopleiding voor alle leerlingen. Daarna volgde de meer gespecialiseerde opleiding binnen bepaalde beroepsgerichte afdelingen, die door Nebenius 'Fachschulen' waren gedoopt.

Ingesteld werden een 'Ingenieurschule' - op basis van de reeds bestaande school van Tulla - voor de opleiding van ingenieurs voor de weg- en waterbouw, een 'Baufachschule' - welke een voortzetting was van de school van Weinbrenner - met aparte onderafdelingen voor werkmeesters en architecten, een 'Forstschule' die in de behoefte aan bosbouwkundige voor de staatsdienst moest voorzien, een 'Höhere Gewerbeschule' die primair voor industriële technici en fabrikanten was bestemd, en, tenslotte een 'Handelsschule'. De mijnbouwkundigen en metallurgen kregen geen aparte afdeling. Zij werden ondergebracht in de 'Höhere Gewerbeschule', maar dienden ook verschillende vakken in de ingenieursafdeling te volgen. Ook andere leerlingen hadden de vrijheid onderwijs buiten hun eigen 'Fachschule' te volgen - een volgens Nebenius essentieel voordeel boven het Franse systeem. In tegenstelling tot hetgeen vaak in de literatuur wordt beweerd, was de algemene basisopleiding niet voor alle leerlingen verplicht. Staatstechnici dienden over het algemeen beide mathematische klassen te bezoeken, toekomstige fabrikanten echter slechts een klas, terwijl de leerlingen van de 'Handelsschule' zelfs van die verplichting waren vrijgesteld.<sup>60</sup>

Wel uniform waren de toelatingseisen tot de school als geheel. Het was op dit punt dat het onderscheid dat Nebenius aanbracht tussen de opleidingsroute voor ambachtslieden en voor hogere technici het scherpst aan het licht trad. Om tot de polytechnische school te worden toegelaten was een gymnasiale scholing, of een

opleiding aan de speciaal voor dit doel in 1834 gecreëerde zogenaamde 'hogere burgerscholen', een vereiste. Juist deze eis dat ook de nieuwe industriële elite over een zekere 'Bildung' diende te beschikken, grensde de hogere technici van de handwerkslieden af. Het verhoogde binnen de Badense samenleving het maatschappelijk aanzien van de beroepen waarop de school te Karlsruhe een voorbereiding betekende en daarmee het aanzien van de hele maatschappelijk laag van managers, fabriekseigenaren, directeuren en hogere technici. Nebenius' visie dat in het belang van de nationale economie, juist de hogere burgerij niet op ambtelijke posten zou dienen uit te zijn maar zich op de nijverheid zou moeten richten, stemde volledig met ideeën van bijvoorbeeld een Von Seydlitz overeen. De wijze waarop hij dit in Baden via een hervorming van het onderwijsstelsel realiseerde was echter veel rigoreuzer en succesvoller dan in Pruisen. Voor de gebruikelijk tweedeling van het onderwijsstelsel, kwam in Baden een driedeling in de plaats (zie schema 7.2).<sup>61</sup>

Schema 7.2: Het Badense onderwijssysteem vanaf 1834.



Bron: Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 113-115.

Toch was de emancipatie van de 'hogere burgerij' ook in Baden aan toen nog vrijwel niet te doorbreken grenzen gebonden. Een volledige maatschappelijke gelijkstelling met de geleerdestand was ook in Nebenius' plannen niet voorzien. Dit blijkt in de eerste plaats uit het feit dat hij niet tot een hervorming van de gymnasia besloot maar in 1834 het, in Baden nieuwe, schooltype van de 'hogere burgerschool' naast dat van de gymnasia in het leven riep. Bovendien onderschreef hij nadrukkelijk het toen niet ongebruikelijke onderscheid tussen de taken van een polytechnische 'hogeschool' en een universiteit, dat erop neer kwam dat het onderwijs aan beide instellingen weliswaar 'wetenschappelijk' was, maar dat

alleen de universiteit de instelling was die de vooruitgang van de wetenschap zelf - het wetenschappelijk onderzoek - tot taak had. De polytechnische scholen dienden zich te beperken tot de toepassing van bestaande wetenschappelijke kennis op de terreinen van nijverheid en techniek.<sup>62</sup>

## 7.2 De opkomst van de 'hogere technicus'

Voor de oude legitimatie van de scheidslijn tussen het universitaire- en het nijverheidsonderwijs, die samenhang met het onderscheid tussen de particuliere sector en het terrein van de staat (zie hoofdstuk 6), kwam zo in Baden een nieuwe legitimatie, gebaseerd op het verschil tussen 'Wissenschaft' en 'Technik', in de plaats.<sup>63</sup> Nebenius bevestigde in zijn geschriften opnieuw de sociale hiërarchie tussen de industriële technicus en de geleerde. Zijn onderwijshervorming is om die reden door Gispens getypeerd als een compromis tussen de eisen van de economische modernisering en die welke gesteld werden door de Duitse sociale structuur.<sup>64</sup>

Deze typering geldt *a fortiori* voor de hervormingen die de polytechnische scholen in de andere Duitse staten ondergingen. Het hervormde 'hogere' polytechnische onderwijs was de uitkomst van een compromis, maar een compromis met belangrijke consequenties. De niveauverhoging van het polytechnische onderwijs, gekoppeld aan de positie in de onderwijsstructuur waarbij deze scholen waren ingeklemd tussen de lagere technische scholen en de universiteiten, zetten een verdere, quasi-autonome, institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs in gang die gekenmerkt werd door een toenemende verwetenschappelijking en die bijdroeg tot het ontstaan van gespecialiseerde, op basis van wetenschappelijke en technische disciplines georganiseerde technische beroepen (zie hoofdstuk 9).

De in de vorige paragraaf beschreven hervormingen in Beieren, Saksen, Pruisen en Baden betroffen niet alleen de structuur van het technische onderwijs als geheel, ze hadden - zoals enkele malen expliciet is aangegeven - ook directe consequenties voor de aard van het polytechnische onderwijs. Dit was niet alleen in de vier genoemde staten het geval maar ook elders in Duitsland. Op Oostenrijk na, hervormden alle grotere Duitse staten tussen 1830 en 1840 hun technische onderwijs en pasten de binnen hun grenzen bestaande polytechnische scholen in een samenhangend landelijk stelsel in. Gevolg van deze ontwikkeling was dat er voor de vier typen polytechnische scholen uit de beginjaren (zie hoofdstuk 6), in de loop van de jaren 1830 slechts twee typen - de (gemodificeerde) 'Weense' en 'Pruisische' typen - in de plaats kwamen. Deze twee typen polytechnische scholen zou men in de terminologie van Friedrich Schödlér ook als *Technische Hochschulen* ('Weense type') en als *Technische Lyzeen* of *-Mittelschulen* ('Pruisische type') kunnen karakteriseren.<sup>65</sup> Kenmerkend voor het eerste type was de vrije vakkenkeuze, het hoge niveau van het onderwijs (in verschillende vakken althans)

en het feit dat ook voor hoge technische staatsfuncties aan die instelling kon worden gestudeerd. Voorbeelden van zulke 'technische universiteiten' waren in de jaren 1830 de polytechnische scholen te Wenen, Karlsruhe, Praag, Brunswijk en, in een mindere mate, Hannover.<sup>66</sup> De 'hogere technische scholen' van het 'Pruisische type' werden gekenmerkt door klassikaal onderwijs ('Jahresklassen'), door hun primaire gerichtheid op de nijverheid (hoewel ze soms ook voor lagere technische staatsfuncties opleidden) en door het lagere niveau van vooral hun theoretische onderwijs. Het trainen van de praktische handvaardigheid speelde, over het algemeen, op de polytechnische scholen van het 'Pruisische type' een grotere rol dan op de meer theoretisch gerichte scholen van het 'Weense type'. Voorbeelden van zulke 'hogere technische scholen' waren in de jaren 1830 de (poly)technische scholen in Berlijn, München, Augsburg, Neurenberg, Kassel, Darmstadt, Dresden en Stuttgart.<sup>67</sup> Aan de 'Höhere Gewerbeschulen' te Kassel en Darmstadt konden, net als in Hannover, ook lagere technische staatsbeambten opgeleid worden. Voor de hogere technische staatsfuncties liep de opleidingsroute in Hessen-Kassel, Hessen-Darmstadt en Hannover echter via de landsuniversiteit.<sup>68</sup>

Twee typen scholen die vóór 1830 nog als polytechnische scholen golden - de 'Real-Institute' en de zondag- en avondscholen van het 'Beierse type' - werden na de reorganisaties van de jaren 1830 niet meer als polytechnische scholen herkend (en erkend). De scholen van het 'Beierse type' werden - mede naar Pruisisch voorbeeld - gereorganiseerd tot volledige dagopleidingen. De zondags- en avondcursussen bracht de Beierse overheid - in München en Neurenberg, maar ook elders in het land - onder in aparte instellingen, die niet meer als polytechnische scholen te boek stonden.<sup>69</sup> Scholen die met de 'Real-Institute' vergeleken zouden kunnen worden - op basis van hun klassikale algemeen-vormende dagonderwijs aan (toekomstige) technici voor de particuliere- én de staatsector - werden òf uitgebreid tot een werkelijke polytechnische school (Stuttgart), òf gingen voortaan als gewone 'Realschulen' of 'Realgymnasia' door het leven.

De nieuwe positie van de polytechnische scholen binnen het technische onderwijs bracht met zich mee, zoals ik aan de hand van een viertal voorbeelden heb laten zien, dat de term 'hogere' - zoals in de uitdrukking 'höhere Gewerbeschule' - in de onderwijspolitieke debatten een strategische betekenis had. Een drietal dimensies zijn daarbij te onderscheiden. Deze betreffen de structuur van het technische onderwijs, de beroepenstructuur van de samenleving en, daar nauw mee verbonden, de standenstructuur.

In de eerste plaats verwees het woord 'hogere' naar de hiërarchisering van het technische onderwijs, zoals de voorbeelden van Beieren, Saksen en Pruisen duidelijk hebben laten zien. De diffuse toestand uit de eerste drie decennia van de negentiende eeuw, waarin allerlei soorten technisch onderwijs, veelal op basis van lokale initiatieven, naast en door elkaar bestonden, maakte plaats voor een situatie waarin binnen de Duitse staten vanuit het centrale gezag meer systeem in het technische onderwijs werd gebracht. Nationale wetten legden voor de verschil-

lende schooltypen regels vast met betrekking tot de leeftijd en het kennisniveau van de leerlingen. 'Realschulen' en 'Gewerbeschulen' werden opgericht die opleidden voor betrekkingen in de burgermaatschappij, terwijl ze tevens een verplichte voorbereiding betekenden op de 'polytechnische' en 'höhere Gewerbeschulen'. De eerste onderscheiding betreft dus het verschil dat ontstond tussen het 'voorbereidende' en het 'voortgezette' technische onderwijs.<sup>70</sup>

In de tweede plaats hing het woord 'hoger' samen met het ontstaan van nieuwe onderscheidingen binnen de maatschappelijke arbeidsdeling. Een 'höhere Gewerbeschule' was niet alleen een voortgezette, hogere, 'Gewerbeschule' - meer van hetzelfde - het was tevens een school voor een aparte groep van 'höheren Gewerbe', hogere (technische) beroepen, zoals apothekers, mijnbouwkundigen, architecten, ingenieurs, fabrikanten en land- en bosbouwkundigen.<sup>71</sup> Hier was dezelfde 'tussenklasse' in het geding die door Comte en de oprichters van de *École centrale des Arts et Manufactures* als die van de 'ingénieurs civiles' betiteld was. Voor het onderwijs aan ambachtslieden enerzijds en aan fabrikanten en bedrijfsleiders anderzijds werden voortaan aparte scholen ingericht, waarbij de polytechnische- en 'hogere' nijverheidsscholen het onderwijs aan de laatste groep voor hun rekening namen.

Keer op keer komen we in de onderwijspolitieke geschriften uit de jaren 1830 beschouwingen tegen, die deze splitsing in twee typen technisch onderwijs moesten rechtvaardigen. Een centrale rol speelde daarbij het onderscheid tussen 'handarbeid' en 'hoofdarbeid', tussen 'mechanische vaardigheden' en het 'geistige Element des Lebens'. Zo onderscheidde de Pruisische minister van onderwijs Altenstein in 1831 de 'untersten auf den mechanischen Erwerb allein beschränkten Ständen' van 'denjenigen Bürger .. deren Geschäfte .. einen höhern Grad von Geistesgewandtheit, Combinationsvermögen, Urteilsschärfe und Erfindungskraft erfordern'.<sup>72</sup> Vijf jaar later betoogde de Brunswijkse wiskundige August Uhde op vergelijkbare wijze dat aan het onderwijs aan de managers van fabrieken andere eisen gesteld dienden te worden dan aan de scholing van ambachtslieden:

[Die] Tüchtigkeit [von Handwerker] besteht meistens in möglichst vollendeter mechanische Fertigkeit, und die wird lediglich durch Uebung, nicht durch wissenschaftliche Unterricht gewonnen. Eines solches bedarf nur der, der als Führer dem ganzen Geschäft vorsteht, gleichsam als Seele die Arbeit beherrscht, die alle einzelne Verrichtungen ordnet und auf ein bestimmtes Ziel hinleitet... [...] Der Fabrikant also, der ein Gewerbe, welcher Art es sei, im Grossen und mit Hilfe von Maschinen betreibt, der nicht gerade selbst mit Hand anlegt, sondern das Geschäft unternimmt und leitet, der ist unser Gewerbsmann, für welchen wir einen höheren wissenschaftlichen Unterricht fordern und bestimmen.<sup>73</sup>

Op deze wijze claimde Uhde voor zijn in 1835 gereorganiseerde *Collegium Carolinum* een afgebakende plaats binnen het Duitse nijverheidsonderwijs. Duidelijk wordt uit deze citaten dat de tweede onderscheiding die het debat beheerste, samenhang met de verschillen tussen ambacht en fabriek, tussen handwerk en de organisatie van de arbeid. De hoofdarbeid was de 'hogere arbeid', waar 'hogere scholen' voor nodig waren. Definitief werd zo gebroken



met Prechtl's Verlichtingspedagogische ideaal van (populair) wetenschappelijk onderwijs aan de leden van alle standen.<sup>74</sup> In de derde plaats verwees het woord 'hogere', zoals vooral de uitspraken van Von Seydlitz en Nebenius hebben laten zien, naar het onderscheid tussen de hogere en lagere burgerij. Deze derde, voor de maatschappelijke plaatsbepaling van 'hervormde' polytechnische scholen relevante dimensie hangt ten nauwste samen met de eerste twee. De begrippen 'beroep' en 'stand' waren immers tot in het begin van de negentiende eeuw vrijwel uitwisselbaar<sup>75</sup>; en 'voortgezet' technisch onderwijs was alleen te bekostigen door de hogere lagen van de burgerij. Dit neemt niet weg dat dit aspect van de differentiatie van de 'höhere Gewerbe-' en 'polytechnische Schulen' ten opzichte van de overige schooltypen, afzonderlijke nadruk verdient.

Onder het gezichtspunt van de sociale verhoudingen wordt immers begrijpelijk dat de politieke hervormingen van 1830 en 1831, die de hogere burgerij - via het censuskiesrecht - tot een belangrijke maatschappelijke kracht maakte, de beslissende impuls gaven tot de oprichting van speciaal, voortgezet onderwijs voor juist deze groep. Een groep die, binnen de context van het door het wijsgerig idealisme en het 'Bildungsbürgertum' beheerste Duitsland, haar nieuw verworven machtspositie bij uitstek moest legitimeren met een beroep op het 'höheren wissenschaftlichen Unterricht' dat zij genoten had en de 'höhern Grad von Geistesgewandtheit' die haar leidende positie vergde.

Deze interpretatie bevat tevens het begin van een verklaring waarom de drie genoemde, met elkaar samenhangende, onderscheidingen ontstonden en waarom ze juist omstreeks 1830 zorgden voor een een nieuwe 'koersrichting' en een nieuwe plaats van het polytechnische onderwijs binnen de Duitse samenleving. Essentieel was het spanningsveld tussen de economische en de politieke rol van de burgerij. Dit bepaalde de wijze waarop economische ontwikkelingen en politieke veranderingen op elkaar ingrepen.

De geciteerde woorden van August Uhde geven een goed inzicht in de ontwikkelingen op het gebied van de economie. Na de crisis van de jaren 1820 werd de langzame, maar zekere opkomst van de fabrieksnijverheid steeds zichtbaarder voor de tijdgenoten. Nieuwe industriële bedrijfstakken ontstonden naast de traditionele ambachtelijke nijverheid. De voortschrijdende mechanisering van deze industrie stelde nieuwe eisen aan de opleiding van het uitvoerende en leidinggevende personeel. Vanaf de jaren 1830 maakte men steeds vaker een onderscheid tussen de ambachtelijke nijverheid en de industrie. Dit is goed gedocumenteerd voor de geschiedenis van het Duitse woord 'Gewerbe'. Aanvankelijk verwees dit woord naar het gehele complex van handel, nijverheid, beroep, ambacht en industrie, na 1830 evenwel nog slechts naar de ambachtelijke nijverheid in engere zin. Voor de fabrieksnijverheid werd 'Industrie' de gangbare term.<sup>76</sup> Parallel aan de opsplitsing van de 'produktieve klasse' in ambachtslieden en fabrikanten, ontstond zo het conceptuele onderscheid tussen 'Gewerbe' en 'Industrie'.

De schaalvergroting die binnen sommige fabrieken optrad zorgde verder voor een groeiende differentiatie van de interne bedrijfshiërarchie, waarbij er een beambtenlaag ontstond tussen de werkvloer van arbeiders en meesterknechten en

het topniveau van fabrikanten en kapitaalverschaffers.<sup>77</sup> 'Hogere technici', zoals werktuigkundigen en chemici, maakten deel uit van deze beambtenlaag.

Het zou echter te simpel zijn om het ontstaan van het hoger - 'science-based' - technisch onderwijs en de opkomst van hogere technische beroepen uitsluitend te zien als een direct gevolg van het industrialisatieproces. Immers, de Duitse overheden creëerden en reorganiseerden verschillende onderwijsinstellingen niet in reactie op een binnenlandse industriële vraag, maar vooral als antwoord op ontwikkelingen in het buitenland. In de voor de beroeps- en onderwijsontwikkeling meest relevante periode (1830-1850) nam de Duitse industrialisatie nog geen grote vlucht. Een analyse die uitsluitend vanuit de vraagzijde van de arbeidsmarkt vertrekt, is bovendien niet bij machte de opvallende nadruk te verklaren die in Duitsland op de wetenschappelijke vorming van de 'hogere' technische beroepen werd gelegd.

Aandacht voor de sociale en politieke geschiedenis van de Duitse burgerij vormt dan ook het noodzakelijke complement van de economische analyse. Het voor de ontwikkeling van het technische onderwijs meest relevante element van deze sociale en politieke geschiedenis is in de vier hierboven behandelde voorbeelden reeds uitgebreid naar voren gekomen: de bifurcatie van het 'humanistische' en het 'realistische' onderwijs, de lagere status van de polytechnische scholen ten opzichte van de universiteiten en, in samenhang daarmee, de onvolledige emancipatie van de liberale burgerij ten opzichte van de aristocratie en de geleerde stand.

Hiermee komen we op het punt dat van essentieel belang is voor het begrijpen van de hervorming en opwaardering van het polytechnische onderwijs in de jaren 1830: de voortdurende oriëntatie van de 'Wirtschaftsbürger' op het waardenpatroon en de culturele hulpbronnen van de 'Bildungsbürger'. De splitsing tussen beide groepen, die we hierboven in de spiegel van de onderwijsgeschiedenis hebben gevolgd, gaf een nieuw karakter aan de emancipatiestrijd van de hogere burgerij. Weliswaar was het de burgerij gelukt om de overheid zo ver te krijgen onderwijsvoorzieningen voor hen in het leven te roepen, de rechten die aan het voltooien van deze opleidingen verbonden waren stonden ver achter bij die van de culturele *Bildungs*-elite. In hun strijd om gelijke rechten stelde de burgerij het waardenpatroon van deze elite niet ter discussie, maar volgde veeleer de strategie om aan te tonen, dat ook hun werkzaamheden een grote mate van algemene vorming, een op een hoog plan staande geestelijke activiteit en een streng wetenschappelijke scholing vereisten.

Als onderdeel van deze strategie zette de 'hogere' burgerij zich in toenemende mate af tegen de lagere middengroepen en tegen het volk. Kocka signaleerde dat aanvankelijk, in de Franse tijd, alle burgerlijke groepen te zamen - handwerkers, fabrikanten, en vrije beroepsbeoefenaren - tegen de privileges van de adel ten strijde trokken. In de jaren tussen 1830 en 1850 verschoof het front. Nu werd de afgrenzing 'naar onderen' het strijdtoneel.<sup>78</sup> De hierboven behandelde hiërarchisering van het technische onderwijs was in dit proces een eerste stap, zoals Gispert heeft laten zien in zijn analyse van de reorganisatie van de school te Karlsruhe in 1832.<sup>79</sup>

Ook na de hervormingen uit de jaren 1829-1836 bleef de driedeling tussen de geleerde scholen, de polytechnische scholen en het lagere nijverheidsonderwijs een onderwijsstructuur die door de onderlinge concurrentie tussen de verschillende typen instellingen, een sterke interne dynamiek genereerde. Door een verhoging van de toelatingseisen, een verlenging van de opleidingsduur en een uitbreiding van met name de theoretische leerstof probeerden de polytechnische scholen zich tussen 1830 en 1850 steeds scherper af te grenzen van 'lagere' en 'middelbare' vormen van technisch onderwijs en oriënteerden zij zich in toenemende mate op het niveau van de universiteit. Zo werd de basis gelegd voor het ontstaan van een aparte groep van 'hogere' beroepstechnici. De professionalisering van de staats-technici ging daarbij voorop, zoals ik in hoofdstuk 9 nader uiteen zal zetten. Voor de nijverheidstechnici waren zij steeds het na te volgen voorbeeld.<sup>79</sup>

Dat ook de chemische beroepen beïnvloed werden door deze sociale ontwikkelingen in Duitsland en de invloed ondergingen van structuurveranderingen in het Duitse onderwijs, hing niet de laatste plaats samen met het feit dat de chemie in dat land zowel aan de universiteiten als aan de polytechnische scholen onderwezen werd. In hoofdstuk 9 zal ik laten zien dat het spanningsveld dat deze situatie opleverde ertoe bijdroeg dat Liebig zijn universitaire chemische onderwijs als een opleiding voor 'Chemiker von Fach' ging afficheren. Daarnaast zorgde de inbedding van het chemische onderwijs in de polytechnische scholen ervoor dat de wijze waarop het scheikunde-onderwijs binnen de curricula was georganiseerd de - indirecte - invloed onderging van het professionaliseringsproces van de staatstechnici (§§ 9.3 en 9.7). Er ontstonden 'Chemische Fachschulen' waarin een grondige theoretische en praktische scheikundige scholing geboden werd. De inhoud van deze scholing week op één onderdeel sterk af van de lijnen die PrechtI voor het polytechnische chemie-onderwijs had uitgezet. Dat onderdeel was het onderwijs in de analytische chemie. In het volgende hoofdstuk zal ik laten zien dat dit deel van de chemie tussen ongeveer 1800 en 1840 in belang toenam en een strategische rol ging vervullen in het zich geleidelijk steeds sterker uitkristalliserende onderscheid tussen de praktisch geschoolde 'chemische ambachtslieden' en hen die aan universiteiten en polytechnische scholen waren opgeleid.

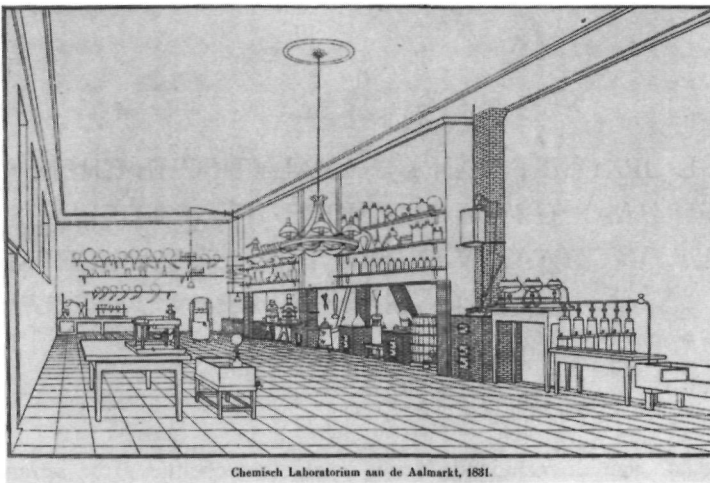


# DE OPKOMST VAN DE ANALYTISCHE CHEMIE EN HAAR GEVOLGEN VOOR HET ONDERWIJS EN HET ONTSTAAN VAN HET BEROEP VAN CHEMICUS (1780-1840)

Aan het einde van de achttiende eeuw maakte de chemie grote veranderingen door. De theoretische fundamenteën van het vak ondergingen een grondige revisie, nieuwe laboratoriumtechnieken werden geïntroduceerd en een volledig nieuwe nomenclatuur regelde in het vervolg de naamgeving van de scheikundige verbindingen. Deze veranderingen waren zo ingrijpend dat reeds de tijdgenoten van een 'revolutie' spraken. Latere chemici en wetenschapshistorici volgden hen hierin: in de geschiedschrijving van de chemie noemt men de veranderingen in de chemische wetenschap in de laatste drie decennia van de achttiende eeuw de 'Chemische Revolutie'. Op de traditionele zienswijze dat de (moderne) chemie pas in die jaren onder invloed van het werk van de Franse chemicus Antoine-Laurent Lavoisier (1743-1794) ontstond, mogen de laatste jaren correcties zijn aangebracht, aan het revolutionaire karakter van de betreffende periode in de ontwikkeling van de chemie wordt in de historiografie niet getwijfeld.<sup>1</sup>

In de historiografie van de chemische revolutie hebben de veranderingen op het gebied van de theoretische grondslagen van de chemie onvergelijkbaar veel meer aandacht gekregen dan de veranderingen die zich tegelijkertijd in het chemische laboratorium voordeden.<sup>2</sup> Toch waren ook op dat terrein de veranderingen immens. Tussen 1780 en 1840 kreeg het laboratorium een volledig ander aanzien. De gevolgen die dit had voor de opleiding en de beroepspraktijk van chemici zijn het thema van het huidige hoofdstuk. De stelling die ik daarbij zal verdedigen is dat het, naast de in het vorige hoofdstuk behandelde sociale ontwikkelingen die zorgden voor de scheiding tussen de 'hogere techniek' en het 'ambacht', vooral de opkomst van nieuwe chemische laboratoriumvaardigheden geweest zijn - die samenhangen met de groei van de analytische chemie en met de transformatie van het laboratorium - die hebben bijgedragen tot het ontstaan van een apart beroep van chemicus.

Mijn analyse wijkt daarmee af van het beeld dat chemici veelal zelf van hun geschiedenis koesteren. Zeker sinds de dagen van de Julirevolutie vormde immers juist de theoretische bagage het handelsmerk waarmee aan universiteiten en polytechnische scholen in de chemie geschoolden, net als andere hogere technici,



Chemisch Laboratorium aan de Aalmarkt, 1881.



Afb. 27 en 28: Tussen 1780 en 1840 werd door de opkomst van nieuwe analytisch-chemische werkwijzen de grondslag gelegd voor een 'revolutie' in het laboratorium. Aan de 'longue durée' van het door ovens gedomineerde vroeg-moderne chemische laboratorium kwam een eind. De laatste laboratoria van het oude type, zoals het boven afgebeelde laboratorium van de universiteit te Leiden (Jorissen, *Het chemisch (thans anorganisch chemisch) laboratorium* (1909), pag. 62), werden tussen 1830 en 1840 gebouwd (vgl. afb. 21 en 22). Na 1840 ontstonden 'lichte en ruime' laboratoria waarin vele studenten tegelijk konden experimenteren. De onderste afbeelding toont het interieur van een practicumzaal op de eerste verdieping van het 1867-1868 onder leiding van H. Kolbe gebouwde scheikundige laboratorium van de universiteit Leipzig (D. de Loos, *Atlas voor de scheikundige technologie*, plaat 1 - Fotodienst KU Nijmegen).

zich van de 'empirisch geschoolden' trachtten te onderscheiden. De formulering van de nieuwe scheikunde van Lavoisier en de opkomst van de wetenschappelijk geschoolde beroepschemicus waren, zo wil deze historiografische traditie ons doen geloven, twee kanten van dezelfde medaille. Deze stelling is echter, in zijn eenvoud, onjuist. In de hoofdstukken 3 tot en met 6 heb ik laten zien dat het onderwijs in de chemie vanaf 1780 een grote vlucht nam. Na ongeveer 1795 ging het daarbij om onderwijs in de nieuwe anti-flogistische chemie van Lavoisier en zijn volgelingen. Speciale opleidingen voor beroepschemici ontstonden echter niet. Steeds ging het om 'service-onderwijs' aan artsen, apothekers, ambachtslieden, ingenieurs en fabrikanten. De kennis van de Lavoisierse leer maakte de leerlingen die zich via dit onderwijs in de chemie geschoold hadden, op zich nog niet tot leden van een nieuwe beroepsgroep. Doorslaggevend daarvoor was niet de omwenteling in de theorie, maar die in de praktijk van de chemie.<sup>3</sup>

In de volgende paragrafen - en gedeeltelijk in hoofdstuk 9 - zullen de aard en consequenties van die omwenteling geanalyseerd worden. Ik begin met een schets van de ontwikkeling van de analytische chemie en van de veranderingen in de laboratoriumpraktijk die daarmee samenhangen (§§ 8.1 en 8.2). Vervolgens wordt de opkomst van het onderwijs in de analytische chemie behandeld (§ 8.3) en worden de gevolgen onderzocht die dit had voor de beroepssituatie van chemisch geschoolden (§ 8.4) en voor het onderwijs aan de polytechnische scholen. Bij dat laatste gaat het enerzijds om de gevolgen voor de vooropleiding en aard van het polytechnische docentenkorps (de 'tweede generatie' chemiedocenten) (§ 8.5) en anderzijds om de veranderingen in de curricula die door de deze 'tweede generatie' chemiedocenten werden doorgevoerd (§§ 9.4 en 9.7). Deze veranderingen in het onderwijs hingen samen met het toenemende belang van de chemische analyse voor de industrie (§ 8.6).

## **8.1 Van oven naar reageerbuis: Een revolutie in het laboratorium (1780-1840)**

Wie afbeeldingen van achttiende eeuwse laboratoria vergelijkt met die van na 1840 wordt onmiddellijk getroffen door de grote verschillen in bouw en inrichting die men ziet. Van de late Middeleeuwen tot in de vroege negentiende eeuw had het chemische laboratorium weinig veranderingen ondergaan.<sup>4</sup> Gedurende die gehele periode was het een 'werkplaats' die vol stond met allerhande ovens waarmee de scheikundige operaties konden worden uitgevoerd, elk met een eigen bestemming. Na ongeveer 1840 werden zulke laboratoria nauwelijks meer gebouwd.<sup>5</sup> De nieuwe laboratoria kenmerkten zich door de opstelling van grote tafels, waaraan door meerdere personen tegelijk, op een kleine schaal chemische experimenten konden worden uitgevoerd. Een beeldende beschrijving van deze ingrijpende verandering in de laboratoriumarchitectuur gaf in 1869 de Franse chemicus Adolphe Wurtz:

Entrez dans un laboratoire de chimie: vous n'y verrez plus ces utensiles grossiers, ces appareils aux formes bizarres, cet être noircie par la fumée, ces fourneaux vomissant des cendres et faisant rougir les traits de l'opérateur. Dans une salle spacieuse, où l'air et la lumière sont largement distribués, vous trouverez de grandes tables qui s'étendent en face des fenêtres de manière à recevoir le jour directement..

Enkele pagina's gaat deze lyrische beschrijving van het moderne chemische laboratorium daarna nog door.<sup>6</sup>

De historische wortels van het nieuwe type laboratorium dat Wurtz beschreef kunnen gevonden worden in het zogenaamde 'draagbare laboratorium' dat als geen ander type laboratorium een volmaakt contrast vormde met de in de achttiende eeuw gangbare van grote fornuizen en ingemetselde ovens voorziene 'chymische werkplaats'. De geschiedenis van dit draagbare laboratorium gaat terug tot het 'Laboratorium Portatile' dat aan het einde van de zeventiende eeuw door de Duitse chemicus Johann Joachim Becher beschreven werd.<sup>7</sup> Dit laboratorium zal, wanneer we afgaan op de getoonde instrumenten, vooral voor erts-kundig en metallurgisch onderzoek zijn bestemd. Voor zulk veelal in afgelegen mijnbouwgebieden uit te voeren onderzoek was, vooral bij het zoeken naar nieuwe waardevolle ertsaders, de transporteerbaarheid van de onderzoeksinstrumenten en -chemicaliën een eerste vereiste. In de achttiende eeuw werden zulke laboratoria waarschijnlijk overal in Europa door mijnbouwkundigen en mineralogen gebruikt. Tekenen die daarop wijzen zijn de beschrijvingen van zulke laboratoria die werden gepubliceerd - door onder andere P. Shaw (Engeland 1731), G. von Engeström (Zweden 1770), Guyton de Morveau (Frankrijk 1783) en de J.F.A. Götting (Duitsland 1789) - en, vooral, de in verschillende boeken en bladen verschijnende advertenties waarmee chemie-docenten en anderen zulke door hen geproduceerde laboratoria aan de man trachtten te brengen. Vooral in de late achttiende en vroege negentiende eeuw brachten steeds meer chemici, al dan niet in samenwerking met handelaars en instrumentmakers, 'kabinetten' met reagentia, glaswerk, een blaaspijp en andere benodigdheden aan de man. De markt groeide toen blijkbaar explosief.<sup>8</sup>

Deze markt beperkte zich toen al lang niet meer tot die der mineralogen. Shaw had in 1731 als eerste zijn 'portable laboratories' ook voor de fabrikanten en kooplieden bestemd die de door hem gegeven cursus over de 'chemie toegepast op konsten en manufacturen' volgden. Zijn 'scheikunde-koffers' ('chemical chests') hadden daarmee enerzijds de didactische functie om de leerlingen in staat te stellen de op het college vertoonde experimenten thuis te herhalen, anderzijds echter waren ze 'ready fitted for business' en dienden ze zijn gehoor, bijvoorbeeld op het punt van de kwaliteitscontrole van grondstoffen, bij de uitoefening van hun beroep.<sup>9</sup>

Omstreeks 1800 werd in Engeland deze praktijk van een aan cursussen gekoppelde verkoop van 'scheikunde-koffers', door chemie-docenten als bijvoorbeeld W. Henry (Manchester) en F.C. Accum (Londen), voortgezet. Uit boeken en advertenties van Henry en Accum en van hun Duitse collega's Götting en



Trommsdorff komt naar voren dat zij bij de verkoop van hun draagbare laboratoria een nogal heterogene markt voor ogen hadden. Daar deze sets reagentia en apparaten van dienst konden zijn voor zulke diverse zaken als het onderzoek van bronwaters, de analyse van bodemonsters, het opsporen van vergiften en de kwaliteitscontrole van handelsprodukten, medicijnen en voedingsmiddelen, richtten de genoemde chemici zich dan ook op een breed scala groepen en beroepen: artsen, apothekers, mineralogen, metallurgen, fabrikanten, natuuronderzoekers en ervaren scheikundigen, landhuishoudkundigen, technologen, militairen en experimenterende 'liefhebbers'.<sup>10</sup>

Dat deze draagbare laboratoria rond 1800 voor zoveel verschillende zaken konden worden bestemd, was voornamelijk te danken aan de grote ontwikkeling die de chemische analyse had doorgemaakt in de achttiende eeuw. Vooral in de tweede helft van de eeuw werden de grondslagen van de 'wetenschappelijke analytische chemie' - ter onderscheiding van de nog te behandelen 'industriële analyse' (alkalimetrie, chlorometrie e.d.) - gelegd. Specifieke analysemethoden, zoals de kupellatiemethode en het gebruik van de blaaspijp, hadden weliswaar een veel langere voorgeschiedenis, maar pas vanaf 1750 werden deze methoden verder verfijnd, nauwgezet beschreven en, samen met de reagentialeer, meer en meer gezien als onderdelen van één, breed inzetbaar, geheel van methoden waaruit de 'natuuronderzoeker' kon putten bij zijn onderzoek naar de chemische samenstelling van een stof.

Het zwaartepunt van deze systematisering en codificatie van de analytische chemie lag in Zweden. Daarnaast was vooral Frankrijk van belang. Grote namen uit deze fase in de geschiedenis van de analytische chemie zijn die van de Zweedse mineralogen en chemici A.F. Cronstedt (1702-1765), T.O. Bergman (1735-1784), C.W. Scheele (1742-1786) en J.G. Gahn (1745-1818), de Berlijnse apotheker en chemicus M.H. Klaproth (1743-1817), de Franse broers G. F. (1703-1770) en H.M. Rouelle (1718-1778) en, later, L.N. Vauquelin (1763-1829). Vooral Bergman moet als de 'vader' van de analytische scheikunde worden aangemerkt, omdat hij het gebruik van reagentia perfectioneerde tot een op vele terreinen toepasbare analytische methodiek en hij de verschillende analytische technieken binnen één systeem samenbracht.<sup>11</sup> Na Bergman werden de door hem geïntroduceerde technieken verder verbeterd, vereenvoudigd en gestandaardiseerd. Uit een grotendeels aan individuele handigheid en persoonlijke ervaring gebonden techniek, groeide zo een systematisch overdraagbare, aan vaste regels gebonden 'kunst'.<sup>12</sup> Naast de brede inzetbaarheid van de nieuwe analytisch-chemische methoden als het gebruik van de blaaspijp en van reagentia, bevorderde vooral de standaardisatie van deze methoden dat er omstreeks 1800 een uitgebreide markt voor draagbare laboratoria ontstond en er cursorisch onderwijs in de analytische chemie van de grond kwam.<sup>13</sup>

De opkomst van de analytische chemie en de groeiende verbreiding van de 'scheikunde-koffers' bleven niet zonder gevolgen voor het reguliere chemische laboratorium. Als eerste waren het de Duitse en Franse mijnbouwacademies die, in samenhang met de start van praktisch onderwijs in de analytische chemie, tot

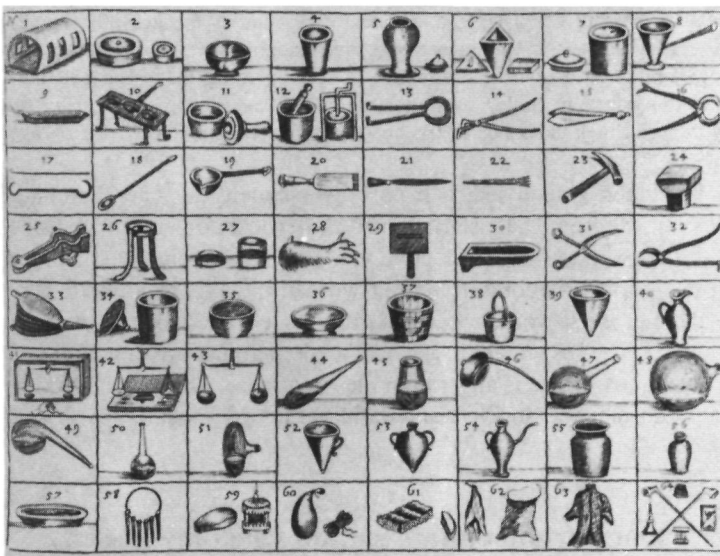
een nieuwe inrichting van hun laboratoria kwamen.<sup>14</sup> Zo meldde de Franse mineraloog B.G. Sage (1740-1824) over zijn omstreeks 1785 ingerichte laboratorium aan de toen pas geopende *École des Mines*: 'le laboratoire n'étant destiné qu'aux essais, est différent de tout ce qui a été fait jusqu'à présent dans ce genre'.<sup>15</sup> De revolutie in het chemische laboratorium begon langzaam op gang te komen.

In een recent goed onderbouwd en stimulerend artikel heeft Brian Gee laten zien hoe zich deze revolutie in Engeland voltrok. Daar werd een belangrijke rol gespeeld door in de traditie van de Verlichtingspedagogiek staande sociale bewegingen als Henry Brougham's *Society for the Diffusion of Useful Knowledge*, die de wetenschap in een gepopulariseerde vorm aan de man wilden brengen. Het feit dat aan de nieuwe kleinschalige experimentele methoden een veel lager prijskaartje hing dan aan de traditionele laboratoriumtechniek, zowel bij de eerste aanschaf als door het veel geringere chemicaliënverbruik, bracht de praktische chemie binnen het financiële bereik van steeds grotere groepen mensen, vormde de economische basis voor de afzet van draagbare laboratoria en was uiteindelijk ook een van de doorslaggevende factoren in de transformatie van het reguliere laboratorium.<sup>16</sup>

Hoewel in de eerste decennia van de negentiende eeuw de meeste chemici die over de inrichting van een laboratorium publiceerden zondermeer voorstander waren van een kostbaar, goed geoutilleerd en van verschillende ovens voorzien laboratorium, waren er enkelen - en niet toevallig juist de verkopers van 'scheikunde-koffers' als Henry en Accum - die benadrukten dat ook met simpele middelen goede wetenschappelijke resultaten konden worden behaald.<sup>17</sup> Zo schreef Accum in 1819 onder de kop 'Direction for fitting up a laboratory':

It was once thought that a regular laboratory, or place built on purpose, and fitted up with forges and brick furnaces, was absolutely necessary for the practice and study of chemistry. This is by no means the case. In proportion as chemical philosophy has been extended, the art of operating has been simplified, new methods of research have been discovered, and new instruments have been added [...]. It is no longer necessary to make experiments upon large quantities, [...]. Indeed, most experiments of study may be more easily performed on a small than on a large scale; and a great deal of expense is saved.<sup>18</sup>

Zulke kostencalculaties waren vooral van belang voor onderwijsinstellingen als de 'Mechanics' Institutions' die zich ten doel stelden praktisch-gericht onderwijs aan grote groepen arbeiders te geven. In Schotland perfectioneerden de chemici D.B. Reid (Edinburgh) en J.J. Griffin (Glasgow) halverwege de jaren 1830 het gebruik van stukjes vensterglas en reageerbuisjes voor experimenten in klassikaal verband. Reid richtte zijn laboratorium in met een vijftal grote tafels, voorzag de studenten van gaslampen en blaaspijpen en gaf zo les aan tientallen leerlingen tegelijk. Dit betekende een totale revolutie in de didactiek van het praktische scheikunde-onderwijs. In 1837 terugziend op zijn eerste ervaringen schreef hij:



**Afb. 29:** De inventaris van het 'Laboratorium Portatile' van Johann Joachim Becher (1635-1682), omstreeks 1680, met onder andere een moffeloven (nr. 1), smeltkroezen (nr. 4-6), balansen (nr. 41-43), toetsnaalden voor goud en zilver (nr. 58) en een toetssteen (nr. 59) (Bettex, *De ontdekking der natuur*, pag. 35).

**Afb. 30:** Een laat-negentiende eeuws draagbaar laboratorium, vooral bestemd voor mineralogisch veldonderzoek met de blaaspip en reagentia. De afmetingen van deze set zijn slechts 27 x 12 x 10 cm. Omstreeks 1800 waren de 'scheikundekoffers' soms aanmerkelijk groter (collectie W.J. Hornix, Ubbergen - Fotodienst KU Nijmegen).

Considerable difficulty was at first experienced in procuring apparatus sufficiently simple and economic to admit of so large a number of persons as upward of a hundred young persons operating at the same time; but by taking minute portions of different materials, a mode long familiar to analytical chemists [...] and by using the broad and narrow slips which glaziers separate in cutting window-glass, it was soon found that nothing further was necessary in performing thousands of test and illustrative experiments.<sup>19</sup>

Deze ontwikkelingen gingen niet aan de universiteiten en geneeskundige scholen voorbij. Tussen 1829 en 1845 startten verschillende hoogleraren in Engeland en Schotland - allen enthousiaste adepten van de experimentele chemie die met behulp van de 'portable laboratories' kon worden uitgevoerd - praktische cursussen in de chemie; eerst voor artsen, chirurgijns en apothekers, maar later ook voor chemici. Griffin richtte een speciale onderneming op om al deze nieuwe cursussen van glaswerk en apparatuur te voorzien. Het moderne chemische onderwijslaboratorium was in Engeland definitief doorgebroken.<sup>20</sup>

## 8.2      Laboratorium en fabriek: de scheiding tussen chemie en ambacht

Parallel aan de Lavoisierse 'Chemische Revolutie' voltrok zich zo een 'chemische revolutie in de laboratoriumchemie', die - dat heeft Brian Gee mijns inziens overtuigend laten zien - in feite de financiële, instrumentele en cognitieve grondslag legde voor het ontstaan van praktisch-chemisch onderwijs op grote schaal.<sup>21</sup> Dat deze ontwikkeling daarnaast consequenties had voor de verhouding tussen de praktische laboratoriumchemie en de beroepspraktijk van de 'chemische ambachtslieden', zodat er lijnen getrokken kunnen worden naar het ontstaan van de 'Chemiker von Fach', is door Gee echter niet onderkend. Toch had het ontstaan van het moderne analytisch-chemische laboratorium ook op het terrein van de beroepsuitoefening gevolgen.

In de achttiende eeuw waren er slechts kleine verschillen tussen de universitaire laboratoria aan de ene en de apothekerslaboratoria en chemische fabrieken aan de andere kant. De eerste chemische fabrieken waren vaak niet veel anders dan vergrote apothekerslaboratoria die zich gespecialiseerd hadden in de productie van een beperkt aantal chemicaliën. De universiteitslaboratoria hadden weliswaar een ander doel dan de fabriek en de apotheek, maar de aan de studenten getoonde chemische operaties vonden in dezelfde grootschalige ovens plaats die in apotheek en fabriek voor de bereiding van chemische stoffen en geneesmiddelen waren bestemd.<sup>22</sup> Kijken we naar de manipulatieve vaardigheden die in een schoolse context konden worden aangeleerd en die welke in 'de praktijk' konden worden verworven, dan moeten we constateren dat erop dat punt geen radicale verschillen bestonden. De vaardigheid in het uitvoeren van 'chymische operaties' die via die twee routes kon worden getraind betrof in beide gevallen de hantering van de

'vuurkunst': het omgaan met ovens, destillaties, sublimaties en wat dies meer zij.

Duidelijk wordt de overeenkomst tussen de verschillende achttiende eeuwse laboratoriumtypen geïllustreerd door het feit dat enkele scholen - bijvoorbeeld het *Collegium medico-chirurgicum* te Berlijn en de universiteit te Königsberg - in die tijd niet over een eigen laboratorium beschikten, maar voor hun onderwijs gebruik maakten van de plaatselijke hofapotheek.<sup>23</sup> Een ander voorbeeld is het in hoofdstuk 5 behandelde laboratorium voor speciale technische chemie van de polytechnische school te Wenen, waar '10 or 12 ovens on a large scale' stonden opgesteld 'for performing operations, precisely as carried on in the large way'.<sup>24</sup> In deze gevallen was de vroegere, al dan niet in gildeverband uitgevoerde praktische leerperiode in feite binnen de muren van de school gehaald. Volledig andere vaardigheden werden niet geleerd. De grootste contrasten tussen het aloude leerlingensstelsel en de nieuwe in schoolverband gedoceerde chemie lagen dan ook op het terrein van de theorie.

Wanneer we de consequenties willen aanduiden die deze situatie had voor de 'chemische beroepen' kunnen de door Monte Calvert geïntroduceerde begrippen 'shop culture' en 'school culture' goede diensten bewijzen. Beide begrippen verwijzen vooral naar de verschillende opleidingsroutes die op een bepaald beroep kunnen voorbereiden: de 'on-the-job-training' respectievelijk de formele vorming binnen een onderwijsinstituut. Daarnaast echter staan de twee begrippen voor de segmentering van een beroepsgemeenschap die, onder bepaalde voorwaarden, op grond van deze verschillen in vooropleiding kan ontstaan. Calvert en Gispén hebben laten zien dat de geschiedenis van de werktuigkundige beroepen in de Verenigde Staten en in Duitsland met vrucht geanalyseerd kan worden in termen van de ontwikkeling van - en spanningen tussen - een tweetal 'segmenten'. Lintsen deed hetzelfde voor het geval van de Nederlandse civiele ingenieurs.<sup>25</sup>

Passen we deze begrippen toe op de 'chemische beroepen' dan kunnen we op grond van de hierboven gesignaleerde overeenkomsten tussen de toen bestaande laboratoria, stellen dat omstreeks 1800 de contrasten tussen de 'school culture' en de 'shop culture' binnen de chemische sector klein waren.<sup>26</sup> Aanwijzingen voor het bestaan van een duidelijke segmentering binnen de verschillende 'chemische deelberoepen' (als de apothekers, de ververs en de bierbrouwers) worden in die tijd vrijwel nergens aangetroffen.<sup>27</sup> Met de opkomst van de analytische chemie en de daarmee gepaard gaande veranderingen binnen het chemische laboratorium ontstond er wel een verschil tussen de vaardigheden die men in de praktijk en die welke men op een school kon opdoen. De analytisch-chemische onderzoekstechnieken vereisten een handvaardigheid die niet 'on-the-job', als onderdeel van de reguliere chemicaliën- en geneesmiddelenproductie geleerd kon worden. Scholen werden de exclusieve centra waarbinnen de overdracht van kennis en laboratoriumvaardigheden op het gebied van de analytische chemie plaatsvonden. De opleidingsroute 'via de praktijk' had op dit terrein geen betekenis, want als er al 'analyses' in de praktijk werden uitgevoerd dan ging het daarbij om branchespecifieke testmethoden die, gedurende een lange tijd, volledig los stonden van de laboratoriumtechnieken van de analytische chemie.<sup>28</sup> De verschillen tussen

'school culture' en 'shop culture' lagen voortaan niet meer uitsluitend op het vlak van de theorie, maar omvatten nu de gehele praktische én theoretische vorming. Beide 'culturen' groeiden zo steeds verder uit elkaar.

De verschillen tussen de 'fabriek' en het 'laboratorium' werden ook letterlijk steeds groter. Juist in de tijd dat de opkomende chemische industrie, met name in de soda- en de zwavelzuurproductie, op een steeds grote schaal ging werken, veranderde het chemische laboratorium in een plaats waar met kleine hoeveelheden stof op glasplaatjes en in reageerbuizen werd gewerkt.<sup>29</sup> Het onderscheid tussen 'wetenschap' en 'toepassing' kreeg daardoor een nieuwe dimensie, die uitging boven de traditioneel bestaande kloof tussen theorie en praktijk. Het probleem van de 'scaling up' van laboratoriumresultaten naar fabrieksverhoudingen had in de achttiende eeuw in feite niet bestaan.<sup>30</sup> Dit veranderde nu. De wereld van het chemische laboratorium werd een eigen wereld, met eigen afmetingen, eigen technieken en .. eigen 'arbeiders': de analytisch geschoolde chemici.

In de volgende paragrafen zal ik aangeven welke maatschappelijke ontwikkelingen de basis vormden voor het ontstaan van opleidingen en beroepsmogelijkheden op het gebied van de analytische chemie, en zo voor het beroep van chemicus. Hier volsta ik met de constatering dat door de radicale verandering die het chemisch laboratorium onderging, de verschillen tussen de kennis en vaardigheden die binnen de produktie en die welke in het laboratorium konden worden opgedaan dusdanig groot werden dat er geen segmentering binnen de verschillende 'chemische beroepen' volgde, maar er een nieuw beroep ontstond. Dit vormde een contrast met de situatie op het gebied van de farmacie.

Binnen de farmaceutische sector leidde de oprichting van farmaceutisch-chemische scholen (waar laboratoriumonderwijs werd gegeven in de analytische chemie) tot het ontstaan van twee segmenten binnen het apothekersberoep. Frankrijk formaliseerde deze tweedeling in 1803 toen bij wet, in samenhang met de oprichting van drie 'Écoles de Pharmacie supérieur', het onderscheid tussen apothekers 1ste en 2de klas werd vastgelegd. De apothekers 1ste klas, die, na enige jaren in de apotheek te hebben gewerkt, drie jaar een farmaceutische school bezochten, kregen in hun beroepsuitoefening meer bevoegdheden dan de louter praktisch gevormde apothekers 2de klas.<sup>31</sup> In 1801 werd in Pruisen op een analoge wijze het onderscheid tussen 'Apotheker I. Klasse' en 'II. Klasse' gefixeerd. Al in 1725 had de Pruisische overheid in het *Medizinal-Edikt* de exameneisen voor de stads- en de plattelandsapothekers vastgelegd, waarbij de eersten gedurende één jaar in Berlijn chemische en farmaceutische colleges moesten volgen aan het vlak daarvoor opgerichte *Collegium medico-chirurgicum*. Aan deze regeling was evenwel niet strikt de hand gehouden. Na 1801 veranderde dit. Alleen apothekers die aan daartoe aangewezen scholen waren opgeleid konden tot apotheker 1ste klas bevorderd worden. Een in 1825 afgekondigde nieuwe examenregeling stelde hogere eisen aan de opleiding van de apothekers 1ste klas, maar schreef voortaan ook aan apothekers 2e klas voor dat zij door middel van

een examen hun bekwaamheid in het analytisch-chemische onderzoek van geneesmiddelen zouden tonen. De verschillen tussen beide groepen werden daardoor kleiner, omdat ook de apothekers 2e klas cursorisch onderwijs moesten gaan volgen om zich deze vaardigheid eigen te maken. Er ontstonden speciale analytisch-chemische cursussen los de universiteit.<sup>32</sup> Steeds meer apothekersleerlingen kozen er na 1825 voor om voor het '1ste klas examen' op te gaan en in 1853 werd het onderscheid tussen beide categorieën afgeschaft.<sup>33</sup>

Binnen de 'chemische beroepen' in de nijverheid trad een vergelijkbare onderverdeling in een 'school' en een 'shop' segment niet op. Voor chemische ambachtstakken als loodwitmakers, bierbrouwers, ververs en 'Salpeterer' bleef het cursorische scheikunde-onderwijs een route die naast - en niet in plaats van - de praktische leertijd werd gevolgd. Personen met een langere theoretische en praktische scholing in de (analytische) chemie afficheerden zich vanaf ongeveer 1830 als leden van de een afzonderlijke beroepsgroep: als 'Chemiker' of als 'Analytiker', waarbij de laatste term een verbijzondering van de eerste was.<sup>34</sup> Voor de leden van deze groep was niet alleen de aparte plaats binnen de arbeidsdeling - namelijk de gehaltebepaling van grondstoffen en eindprodukten - constitutief, maar tevens de opleiding die zij hadden genoten.<sup>35</sup> De 'scheikundige ontleedkunst' (chemische analyse), zo stelde de docent scheikunde van de Berlijnse artillerie-school Moritz Meyer kort voor 1840, kan slechts 'door den bedreven scheikundigen beoefend worden'.<sup>36</sup> De geschiedenis van het beroep van chemicus wijkt daarmee op een essentieel punt af van de geschiedenis van enkele andere 'hogere technische beroepen', zoals de architect en de werktuigkundige, waar 'school-' en 'shop culture' decennia lang naast elkaar bleven bestaan. Naast de hierboven uiteengezette redenen dat bepaalde 'skills' alleen in aan scholen gekoppelde laboratoria konden worden opgedaan, speelde daarbij ongetwijfeld een rol dat de chemie ook tot het universitaire vakkenaanbod behoorde. Analytisch geschoolden konden zo - vooral na 1850 - het doctoraat verwerven, wat hen binnen de sociale verhoudingen binnen het Duitse rijk verzekerde van een aparte plaats in de statushiërarchie. Het ontstaan van de nieuwe beroepsgroep van analytisch geschoolde chemici kan het beste aan de hand van de geschiedenis van het analytisch-chemisch onderwijs en de opkomst van de nieuwe - 'ruime en lichte' - laboratoria worden getraceerd. Daarbij wordt ook duidelijk welke maatschappelijke factoren in dit proces de drijvende krachten vormden.

### 8.3 De opkomst van het onderwijs in de analytische chemie

Voorafgaande aan de behandeling van het ontstaan van de eerste analytisch-chemische opleidingen in Duitsland is het goed te wijzen op de nauwe wisselwerking die er rond 1800 bestond tussen verbeteringen op het gebied van de chemische analyse en de kennisontwikkeling in de chemie. De door Bergman en de

Franse school geschapen analytische chemie leverde niet alleen een 'gereedschapskist' met methoden om praktische vraagstukken met betrekking tot bijvoorbeeld de zuiverheid van geneesmiddelen, de kwaliteit van het drinkwater en vervalsingen van voedingsmiddelen tot een oplossing te brengen, het was tevens een onmisbaar element in het experimentele chemische onderzoek van die tijd. Om de samenstelling van nieuw ontdekte mineralen, de produkten van een chemische reactie, of nieuwe uit planten geïsoleerde verbindingen te bepalen waren kennis en vaardigheden op het gebied van de chemische analyse onontbeerlijk.<sup>37</sup> Fresenius beschouwde, omstreeks 1840, 'de analytische Scheikunde ... als een vaste grondslag .. op welke het geheele gebouw der (scheikundige) wetenschap rust'.<sup>38</sup>

Chemici als Gay-Lussac en Berzelius die een leidende rol speelden bij het ontstaan van de moderne chemie, waren dan ook tevens toonaangevende analytici. Ook verschillende van de belangrijkste Duitse chemici uit de eerste decennia van de negentiende eeuw - Trommsdorff, Lampadius, Pfaff, Stromeyer, Fuchs, Rose, Wöhler, Mitscherlich en Liebig - stonden als verdienstelijke, of zelfs vooraanstaande analytische chemici bekend. Hun experimentele bekwaamheid hadden zij veelal uit de eerste hand verkregen door in Zweden bij Berzelius in de leer te gaan (Rose, Wöhler, Mitscherlich), of door in Parijs bij Vauquelin of Gay-Lussac te studeren (Pfaff, Stromeyer, Fuchs en Liebig).

De opleidingsroute die deze eerste generatie Duitse analytische chemici volgde is karakteristiek voor de geringe institutionalisering van het Duitse analytisch-chemische onderwijs in die tijd. Leerboeken en reguliere onderwijsprogramma's waren nog grotendeels afwezig. Kennis en vaardigheden binnen deze jonge tak van de chemie werden aan de genoemde chemici overgedragen in een direct contact tussen meester (Vauquelin, Gay-Lussac, Berzelius) en gezelschap.<sup>39</sup> In dezelfde tijd dat dit gebeurde kwamen in Duitsland ook de eerste cursorische opleidingen in de chemische analyse van de grond.

Afgezien van de mijnbouwscholen te Schemnitz en Freiberg, waar het analytisch-chemische onderwijs op een oudere onderwijstraditie in de essayeurs- en probeerkunst kon voortbouwen,<sup>40</sup> waren de aan het einde van achttiende eeuw opgerichte farmaceutisch-chemische privé-instituten de eerste scholen in Duitsland waar het onderwijs in de analytische chemie een vast onderdeel van het lesprogramma was.<sup>41</sup> De oprichting van deze scholen hing, zoals ik in hoofdstuk 3 heb laten zien, samen met zowel de algemene filantropijnse kritiek op de didactische gebreken van het gildesysteem, als met de hervormingsbeweging binnen de farmacie, die een verbetering van de volksgezondheid, een reorganisatie van de farmaceutische opleiding en een verhoging van de status van de apotheker nastreefde.

Op het terrein van de volksgezondheid was de beweging onder de apothekers een onderdeel van een bredere stroming die, onder aanvoering van de medicus Johann Peter Frank (1745-1821), pleitte voor een actief en samenhangend overheidsbeleid op alle terreinen die met de gezondheid van de burgers in verband



zouden kunnen staan.<sup>42</sup> Daarbij ging het onder andere om het toezicht op de zuiverheid van het drinkwater, het aantonen van eventueel giftige toevoegingen aan het voedsel en het garanderen van kwaliteit van de bereide en in de handel zijnde geneesmiddelen. Dat de daartoe noodzakelijke zuiverheids- en kwaliteitscontroles niet slechts met de traditionele zintuigelijke methoden, maar ook met behulp van de chemische wetenschap dienden te worden uitgevoerd, stond voor deze verlichte medische hervormers buiten kijf. Het was deze beweging onder artsen en apothekers die de analytische chemie een 'maatschappelijk draagvlak' verschafte.<sup>43</sup>

Daarnaast was de hervormingsbeweging onder de apothekers een reactie op de opkomst van de farmaceutisch-chemische industrie.<sup>44</sup> Schaalvergroting en specialisatie op slechts enkele producten zorgden ervoor dat 'Laboranten' (chymisten) en 'Materialisten' (drogisten) hun geneesmiddelen en chemicaliën tegen lage prijzen op de markt konden brengen. Zij kregen een snel groeiend marktaandeel en vormden, door de directe verkoop van hun middelen aan de arts, een regelrechte economische bedreiging voor de apothekers. Via een publicitaire campagne richting overheid - waarbij betoogd werd dat niet de prijs, maar vooral de kwaliteit van de geneesmiddelen ertoe deed en dat zorg voor deze kwaliteit alleen bij de apothekers in goede handen was - en daarmee samenhangende pogingen om het wetenschappelijk niveau van de farmaceutische opleiding te verhogen, trachtte de apothekers het verloren terrein terug te winnen.<sup>45</sup> Een training in de analytische chemie moest, in de ogen van de leiders van de hervormingsbeweging, van die nieuwe wetenschappelijke scholing een integraal onderdeel uitmaken; niet alleen vanwege de hierboven aangegeven innige relatie tussen de analytische en de theoretisch-wetenschappelijke chemie, maar vooral omdat een grondige kennis van dit vak de claims van de apothekers kon versterken dat alleen zij in staat waren de zuiverheid en sterkte van de door hen geleverde geneesmiddelen te garanderen. Dat zij zich zo bovendien konden opwerpen als de experts bij uitstek op het terrein van de toen zeer in de belangstelling staande analyse van bronwaters en de levensmiddelen- en drinkwatercontrole, versterkte hun positie alleen nog maar.

De opkomst van de farmaceutisch-chemische industrie leidde tot een toenevende handel in chemicaliën en medicijnen en, door het optreden van meerdere tussenschakels in de handelsketens, in principe tot een toename van de mogelijkheden tot vervalsing en bedrog. Verschillende apothekers waarschuwden voor de 'slechte Präparate' die door de 'Laboranten' werden verkocht en voor de gevaren die de gebrekkige analytische bekwaamheid van hun vakbroeders - die deze preparaten van de 'Laboranten' kochten - daardoor met zich mee bracht.<sup>46</sup> Of die geneesmiddelenvervalsing aan het einde van de achttiende eeuw ook werkelijk op een steeds grotere schaal voorkwam is moeilijk te vast te stellen.<sup>47</sup> Zeker is, dat er drie ontwikkelingen tegelijk plaatsvonden, die in hun onderlinge samenhang ervoor zorgden dat het thema van de geneesmiddelenvervalsing een belangrijk agendapunt werd: de groei van de handel in geneesmiddelen, de grote vooruitgang in de chemische analysetechnieken om eventuele vervalsingen vast te stellen en, tenslotte, de maatschappelijke situatie van bepaalde professionele groepen als die

van de artsen en apothekers, die maakte dat het in hun belang was zich op te werpen als kampioenen van de volksgezondheid en bestrijders van vervalsing en bedrog.

Geschriften als S.F.C. Hahnemann's *Kennzeichen der Güte und Verfälschung der Arzneimittel* (Dresden 1787), J. Schaub's *Pharmazeutisches Handbuch über die Güte und Verfälschungen der Arzneimittel* (Kassel 1797-99) en G.W. Rüde's *Fassliche Anleitung, die Reinheit und Unverfälschtheit der vorzüglichsten chemische Fabrikate einfach doch sicher zu prüfen* (Kassel 1806) leggen van deze aandacht voor vervalsingen getuigenis af. Ze behoren tot de vroegste handleidingen die aandacht besteedden aan de analytische chemie.<sup>48</sup> De toepassing van de in deze boeken beschreven methoden - waaronder de veel gebruikte 'Hahnemann-'sche Probeflüssigkeit' (een zoutzure oplossing van kaliumsulfide en kaliumtartraat) - op de forensische geneeskunde en op het onderzoek van levensmiddelen volgde niet veel later.<sup>49</sup>

Het was tegen deze achtergrond dat de eerste farmaceutisch-chemische instituten, waaronder die van Hermbstaedt, Götting en Trommsdorff, het onderwijs in de analytische chemie een prominente plaats in het lesprogramma gaven.<sup>50</sup> Hermbstaedt, die op dit terrein een leerling van Klaproth was, was mogelijk de eerste die de term 'analytische Chemie' in het Duitse taalgebied introduceerde (1790).<sup>51</sup> Götting en Trommsdorff hoorden, zoals ik hierboven reeds heb vermeld, tot de eerste leveranciers van draagbare laboratoria ('Probierkabinette') in Duitsland en de handleidingen die zij daarbij schreven - Göttings *Anweisung zum Gebrauch seines chemischen Probierkabinetts für Scheidekünstler* (1790) en Trommsdorffs *Chemisches Probierkabinett oder Nachricht von dem Gebrauche und den Eigenschaften der Reagentien* (1801) - tot de oudste analytisch-chemische leerboeken.<sup>52</sup>

In het kader van het onderwijs in de 'medische politie' en de forensische geneeskunde, besteedden in die tijd ook de eerste medische faculteiten aandacht aan de chemische analyse. Het vak was daarbij geen standaardonderdeel van de gewone medische opleiding, maar voornamelijk bestemd voor degenen die, als stads- of kantonsarts of als lid van een toezichthoudend college, een functie op het terrein van de openbare gezondheidszorg ambieerden (de zogenaamde 'Physici'). De verantwoordelijkheid voor zaken als de kwaliteit van voedingsmiddelen, het toxicologische en gerechtelijk-chemische onderzoek en de visitatie van de apotheken in een bepaald gebied, was door de overheid bij deze 'staatsartsen' gelegd.<sup>53</sup> Zij vormden dan ook de spil van Frank's 'medische politie'.<sup>54</sup>

In het wintersemester 1805/6 doceerde Friedrich Stromeyer (1776-1835), die gestudeerd had bij Vauquelin, in Göttingen als een van de eersten in Duitsland de analytische chemie aan een universiteit. Het bijzondere daarbij was dat hij de medische studenten naast zijn college ook de gelegenheid gaf zich in de praktijk van de chemische analyse te bekwamen. Oorspronkelijk gestart als 'privatissimum', bouwde Stromeyer na 1810 zijn cursus tot een regulier onderdeel van het curriculum uit. Aan de weinige andere universiteiten waar de analytische chemie op het programma stond werd het vak alleen in de vorm van het gebruikelijk

'demonstratie-hoorcollege' gegeven.<sup>55</sup> Voorbeelden daarvan zijn de colleges analytische chemie en docimasie die J.N. Fuchs vanaf 1807 in Landshut gaf en de private colleges 'Chemia analytica' die Trommsdorff vanaf 1809 aanbood aan de Erfurter universiteit.<sup>56</sup>

Toch was dit alles slechts 'voorgeschiedenis'. De werkelijke verbreiding van het analytisch-chemische onderwijs kwam pas na de Napoleontische periode. In de tien jaar tussen 1815 en 1825 verwerkten alle Duitse staten de sociale, economische, politieke en juridische erfenis van de Franse tijd. Een koortsachtige activiteit op het gebied van de wetgeving vond plaats, die ondermeer de reglementering van gilden en beroepen, de medische wetgeving en het openbare onderwijs betrof.<sup>57</sup> Daarbij werden wettelijke regels ingevoerd die belangrijke gevolgen hadden voor het onderwijs in de analytische chemie. Verschillende 'liberale verworvenheden' uit de Franse periode werden na 1815 teruggeschroefd. Dit speelde in het bijzonder op het terrein van de geneesmiddelenvoorziening, waar de afschaffing van allerlei gildebepalingen, zowel in de gebieden die onder Frans bewind hadden gestaan als in het door Stein en Hardenberg hervormde Pruisen, een ware oprichting golf van farmaceutisch-chemische fabrieken had mogelijk gemaakt.<sup>58</sup> Het verbod dat Pruisen in 1801 had uitgevaardigd met betrekking tot de aankoop van chemicaliën 'von gemeinen Laboranten oder ausländischen Droguisten' sorteerde, door gebrekkige controle, geen effect.<sup>59</sup> Na 1815 probeerden de apothekers met hernieuwde energie hun verloren gegane monopoliepositie terug te veroveren. In dit streven vonden ze bij de verschillende Duitse overheden een wisselend gehoor. Vanuit de optiek van de overheid moesten er immers verschillende 'algemene belangen' worden afgewogen. Het belang van een goedkope geneesmiddelenvoorziening, het belang de regels met betrekking tot beroepen en bedrijven ('Gewerbefreiheit') uniform toe te passen en het belang de nationale nijverheid tot ontplooiing te brengen, gaven steun aan de positie van de industrie. Het belang van een goede opleiding van het farmaceutisch personeel (toen nog vooral in de apotheek) en het belang om de kwaliteit van de verhandelde waren te garanderen, speelden daarentegen de apothekers in de kaart. De uiteindelijke uitkomst van deze belangenafweging werd in iedere Duitse staat sterk door de algemene politieke situatie bepaald.<sup>60</sup>

De op Engeland georiënteerde economisch-liberale stadstaten Bremen en Hamburg lieten het inkoopbeleid van de apotheken volledig vrij, maar eisten wel dat de apothekers 'die Präparate selbst sorgfältig prüfen und chemisch untersuchen' moesten (Hamburg 1818).<sup>61</sup> Beieren volgde met vergelijkbare, maar omzichtiger geformuleerde bepalingen in 1822, nadat daar vanaf 1818 uitvoerige discussies over de opleiding en maatschappelijke positie van de apotheker aan vooraf waren gegaan. De nieuwe Beierse farmacopee van 1822 schreef de apothekers tevens het gebruik van reagentia voor.<sup>62</sup> Kennis van vervalsingen was ook reeds in het Beierse examenreglement van 1808 geëist, maar toen alleen als onderdeel van het mondeling examen.<sup>63</sup>

In verschillende andere Duitse staten voer men een middenkoers. Enerzijds

werd gewaakt voor het op peil houden van de expertise van de apothekers, door hen te verplichten een groot aantal medicijnen in hun eigen laboratorium te bereiden. Anderzijds werden, al dan niet lange, lijsten met geneesmiddelen opgesteld die wel door de industrie mochten worden bereid.<sup>64</sup> Daarnaast vaardigde men in een aantal gevallen voorschriften uit met betrekking tot de analytisch-chemische kwaliteitscontrole van de verhandelde geneesmiddelen. Hannover, bijvoorbeeld, benoemde in 1817 professor Stromeyer tot inspecteur-generaal van alle apotheken in het koninkrijk en publiceerde in 1819 in de nieuwe *Pharmacopoea Hannoverana* een lijst met reagentia die in de apotheek aanwezig moesten zijn.<sup>65</sup>

Het meest restrictieve beleid voerde Pruisen. De apothekerslobby in de *wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen* (de apothekers S.F. Hermbsaëdt, J.C. Schrader en J.H.J. Staberoh en de bij het farmaceutische onderwijs betrokken botanicus H.F. Link) vond, gesteund door de in 1821 opgerichte *Apothekerverein im nördlichen Teutschland*, gehoor bij de verantwoordelijke minister Altenstein, die de 'Wissenschaft oder das höhere Geistige' niet aan de harde wetten van de vrije concurrentie wilde offeren.<sup>66</sup> In een fascinerende bronnenuitgave heeft Erika Hickel de strijd gedocumenteerd die van 1817 tot 1832 tussen de verschillende adviseurs en beambten van het Pruisische *Kultusministerium* werd uitgevochten. Meer dan welke publicatie dan ook, geven deze publicaties van Hickel inzicht in de toen geldende onderlinge verhoudingen tussen de chemische industrie, de apothekers en de analytische chemie.<sup>67</sup>

Heel duidelijk blijkt bijvoorbeeld dat voor de medicus J.G. Langermann (1768-1832), die vanuit het ministerie de herziening van de farmacopoeë en de apothekerswetgeving coördineerde, de invoering van het beginsel van de vrije concurrentie in de farmacie en het analytisch-chemische (staats)toezicht op de kwaliteit van de producten - en dus ook de start van het analytisch-chemische onderwijs - een 'twee-eenheid' vormden.<sup>68</sup> Voor de apothekers daarentegen stonden de economische en sociale standsbelangen voorop. De strijd tussen beide partijen liep uit op een compromis dat, zoals gezegd, grotendeels in het voordeel van de apothekers uitviel. Zij wisten te bereiken dat de in 1827 gepubliceerde lijst met preparaten die van de industrie betrokken mochten worden in Pruisen klein bleef. Tot 1862 bleef deze situatie van kracht. Langermann op zijn beurt realiseerde zijn wens om via de farmacopoeë van 1827 een lijst reagentia voor te schrijven, ondanks heftig verzet van met name Staberoh en Link, die meenden dat de opname van zo'n lijst het gevaar in zich droeg dat de apothekers op termijn steeds meer terrein aan de industrie zouden moeten prijsgeven.<sup>69</sup> Het duurde nog vijf jaar eer de farmacopoeë, waarvan reeds in 1829 een gewijzigde editie uitkwam, in 1832 definitief kracht van wet kreeg.<sup>70</sup> Door de hierboven besproken verordeningen op het gebied van de farmacie ontstond zo in geheel Duitsland, met Oostenrijk als vermoedelijke uitzondering, een situatie waarin van apothekers en in een aantal landen ook van staatsartsen praktische bekwaamheden in de chemische analyse werden geëist.<sup>71</sup> Als gevolg daarvan startten in enkele jaren overal in Duitsland analytisch-chemische cursussen, zowel binnen als buiten de

universiteit.

Bij de buiten-universitaire onderwijsinstellingen ging het met name om de chemisch-farmaceutische instituten die in de traditie van de school van Trommsdorff stonden. Verschillende instituten werden na 1820 opgericht. Deze waren in een aantal gevallen, via personele unies, overigens wel aan de universiteiten gelieerd. Voorbeelden zijn het instituut van C.C.T.F. Goebel te Jena (1820/21), dat van J.M. Schiller te Rothenburg (1821), het door G. Eimbcke geleide instituut van de *Gesundheitsrat* van de stad Hamburg (1823/4), het chemisch-farmaceutische instituut van J. Liebig, F.C.G. Wernekinck en H. Umpfenbach te Giessen (1825/6), het farmaceutische instituut van F.W. Schweigger-Seidel in Halle (1829) en, tenslotte, het instituut van J.A. Buchner te München (1830), dat uit zou groeien tot het grootste in zijn soort. Het praktisch onderwijs in de analytische chemie was op bijna al deze scholen een centraal onderdeel van het curriculum.<sup>72</sup>

Aan de universiteiten viel de start van het analytisch-chemische onderwijs samen met een grote toename van het aantal farmaciestudenten. Uit een onderzoek van Armin Wankmüller naar de aantallen ingeschreven studenten aan 11 Duitse universiteiten, blijkt dat deze aantallen na de Franse tijd een enorme groei doormaakten. Terwijl tussen 1811 en 1815 zich slechts 90 farmaciestudenten lieten inschrijven aan deze universiteiten tezamen, steeg dit aantal via 217 in de periode 1816-1820 en 392 in de periode 1821-1825, tot 646 in de jaren 1826-1830. De belangrijkste centra waren daarbij de drie Beierse universiteiten te Landshut, Erlangen en Würzburg, en, vanaf ongeveer 1820, de Göttingse universiteit.<sup>73</sup>

Dat de universiteiten in Beieren door farmaceuten goed bezocht werden, is begrijpelijk omdat Beieren naast Oostenrijk de enige Duitse staat was die, sinds 1808, een tweejarige studie aan een universitair of buiten-universitair farmaceutisch instituut verplicht had gesteld. Het grootste deel van hen koos voor een universitaire studie.<sup>74</sup> De eerste jaren werd het onderwijs louter in de vorm van hoorcolleges gegeven, maar tussen 1818 en 1820 veranderde dat. De hoogleraren chemie, mineralogie en farmacie J.N. Fuchs en J.A. Buchner gaven toen in Landshut onderwijs in de analytische chemie en toxicologie en richtten daarbij een practicum in dat aanvankelijk plaats bood aan acht studenten, maar niet veel later werd uitgebreid.<sup>75</sup> In Erlangen namen E.W. Martius, J.S.C. Schweigger, G.W. Osann en K.W.G. Kastner in diezelfde tijd het onderwijs in de analytische chemie ter hand. Naast de colleges die gegeven werden voerde Schweigger in 1819 ook een practicum voor farmaceuten in.<sup>76</sup> In Würzburg werd het praktische laboratoriumonderwijs eerst in 1826 ingevoerd.<sup>77</sup>

Deze ontwikkelingen bleven niet tot Beieren - en Göttingen - beperkt. In Heidelberg gaf G.A. Suckow reeds omstreeks 1810 zijn studenten 'Gelegenheit zu eigenen Versuchen'.<sup>78</sup> Zijn opvolger L. Gmelin, die een leerling van Stromeyer was, zette deze traditie voort. In het kader van zijn in 1818 gestarte practicum gaf hij, naast het preparatieve werk, vanaf 1820 tevens een cursus 'Analytische Chemie mit Selbstübungen'.<sup>79</sup> Ook aan de universiteiten te Tübingen (G.C.

Gmelin 1819), Breslau (N.W. Fischer 1819), Marburg (F. Wurzer c.1820), Jena (J.W. Doebereiner 1820), Freiburg (K. Fromherz 1824), Berlijn (H. Rose 1825/27), Bonn (T.F. Nees von Esenbeck en K.G. Bischof 1825) en Leipzig (O.B. Kühn 1827) kwam in die tijd het laboratoriumonderwijs in de chemische analyse van de grond.<sup>80</sup>

Hoewel de omvang van dit onderwijs, met uitzondering van dat in Göttingen en Berlijn, vaak nog bescheiden was, laten deze voorbeelden en de hierboven gegeven oprichtingsdata van een aantal nieuwe farmaceutisch-chemische instituten zien dat gedurende de jaren 1820-1830 de definitieve doorbraak plaatsvond van het chemische laboratoriumonderwijs, waarbij de noodzaak om een training in de analytische chemie te bieden de motor vormde.<sup>81</sup> De transformatie van 'oven' naar 'reageerbuis' kreeg tussen 1820 en 1830 in Duitsland zijn beslag, tien jaar voordat dit aan de Britse universiteiten en klinische scholen plaatsvond (§ 8.1). Een nieuwe generatie Duitse analytisch-chemische leerboeken begeleidde deze transformatie. Het meest expliciet werd dit door de titel van J.W. Doebereiners leerboek *Zur mikrochemischen Experimentierkunst* (Jena 1821) tot uitdrukking gebracht.<sup>82</sup> Boeken als C.H. Pfaffs *Handbuch der analytischen Chemie für Chemiker, Staatsärzte, Apotheker, Oekonomen und Bergwerks Kundige* (1ste druk 1821) en H. Rose's *Handbuch der analytischen Chemie* (1829) kregen een grote verbreiding en werden, in het geval van Rose's boek, ook in het Engels, Frans en Nederlands vertaald.<sup>83</sup>

Tijdens deze transformatieperiode van het Duitse chemische onderwijs stak er één laboratorium qua omvang en uitstraling met kop en schouder boven alle andere uit: het laboratorium van Friedrich Stromeyer in Göttingen. Hier kregen niet alleen vele toekomstige apothekers hun praktische training, maar ook talloze aanstaande medici (staatsartsen), landbouwkundigen, mineralogen en mijnbeambten. Vanuit heel Duitsland trokken studenten naar Göttingen om daar de analytische chemie te leren.<sup>84</sup> De ontdekking van een nieuw scheikundig element (cadmium) door Stromeyer in 1817 en het feit dat hij jarenlang de enige Duitse universiteitsdocent was die zijn studenten de gelegenheid gaf 'die analytische Chemie praktisch zu erlernen' vormden daarbij de grondpijlers van Stromeyers reputatie.<sup>85</sup> De colleges van Stromeyer hoorden tot de drukst bezochte van de gehele Göttingse universiteit. Reeds in 1817 was de toeloop naar zijn, toen nog kleine, laboratorium zo groot dat hij zijn praktische cursus ieder semester tweemaal moest geven. Na 1820 stegen de studentenaantallen verder. In 1825 namen 94 practicanten aan zijn analytisch-chemische cursus deel, waaronder 33 farmaceuten. De overigen waren voornamelijk studenten van de medische faculteit. Met zulke studentenaantallen liet Göttingen alle overige Duitse chemische onderwijslaboratoria uit die tijd ver achter zich. Door een aanzienlijke uitbreiding van het laboratorium en de aanstelling van een assistent, zaken die beide tussen 1825 en 1830 hun beslag kregen, kon Stromeyer de groeiende aantallen practicanten zo goed en zo kwaad als het ging opvangen.<sup>86</sup>

**Tabel 8.1:** *Leerlingen van Friedrich Stromeyer die hoogleraar werden aan een universiteit, een polytechnische school, of een mijnbouwacademie.*

Studiejaren Göttingen	Naam	Professoraat
1805-1809 en 1813	L. Gmelin	1814 U Heidelberg
ca. 1806	F. von Ittner	1813 U Freiburg; 1818 PS Freiburg
ca. 1816	P. Merian	1820 U Bazel
1817	W.C. Zeise	1822 U Kopenhagen
1817-1818?	K.E. Brunner	1821 A Bern; 1834 U Bern
1817-1818	E. Mitscherlich	1822 U Berlijn
1818	F.F. Runge	1828 U Breslau (t)
ca. 1818	F.C.G. Wernekinck	1824 U Giessen (g); 1826 U Giessen (m)
1819 en 1825-1826	H.W.F. Wackenroder	1828 U Jena
ca. 1820 ?	L. Rumpf	1830 U Würzburg (m)
ca. 1821-1831	P.K. Sprengel	1835 PS Brunswijk (l)
1821-1822	F.A. Walchner	1823 U Freiburg; 1825 PS Karlsruhe
1821-1823	E. Turner	1828 U Londen
ca. 1823-1824	K.M. Marx	1824 PS Brunswijk
1823-1825	J.F.P. Engelhart	1829 PS Neurenberg
1823-1826	F. Heeren	1831 PS Hannover
1823-1826	H.H.F. von Blücher	1831 U Rostock
ca. 1824-1826	J.H. Buff	1834 PS Kassel (n/t); 1838 U Giessen (n)
1824-1826	K.M. Kersten	1830 B Freiberg
1826-1827	O.B. Kühn	1827 U Leipzig
1827-1828	H.A.L. Wiggers	1848 U Göttingen (f)
1828-1831	R.W. Bunsen	1836 PS Kassel; 1839 U Marburg
ca. 1829	K.F.A. Moldenhauer (?)	1836 PS Darmstadt
1833-1835?	K. Weltzien (?)	1842 PS Karlsruhe
vóór 1835	H.C. Fehling (?)	1839 PS Stuttgart
vóór 1835	A.F.K. Himly	1842 U Göttingen; 1846 U Kiel

Opm.: 1. De jaartallen die de studieperiode weergeven, hebben in de meeste gevallen betrekking op de gehele studietijd in Göttingen. Die tijd werd niet altijd louter bij Stromeyer doorgebracht. In het geval van Sprengel en Wackenroder is de genoemde periode inclusief hun assistentenjaren bij Stromeyer (en in Sprengels geval ook zijn jaren als privaat-docent); 2. Het jaartal achter de naam geeft het benoemingsjaar tot gewoon óf tot buitengewoon hoogleraar weer aan de genoemde instelling; 3. U = universiteit; PS = polytechnische school; A = Akademie; B = mijnbouwacademie; 4. Een (?) achter de naam betekent dat de genoemde persoon wel in Göttingen studeerde, maar dat het niet zeker was of hij ook het onderwijs van Stromeyer volgde; 5. Van hoogleraren die geen leeropdracht scheikunde hadden, is hun vakgebied met de volgende afkortingen aangegeven: f = farmacie, g = geneeskunde, l = landbouwkunde/-chemie, m = mineralogie, n = natuurkunde, t = technologie.

Bron: Biografieën van de genoemde personen (vgl. de toelichting in bijlage D).

Stromeyers reputatie trok niet alleen uit heel Duitsland studenten, maar speelde ook een grote rol bij de benoeming van chemie-docenten. Vele Duitse regeringen en universiteitsbesturen gaven bij de benoeming van een nieuwe hoogleraar in de scheikunde de voorkeur aan een chemicus die gestudeerd had in het Göttingse lab. Een bezoek aan het laboratorium van Stromeyer werd vast onderdeel van de *Bildungsreise* van hen die de ambitie hadden om leraar of professor in de chemie te worden. De reis naar Göttingen, die veelal ook langs Parijs en Stockholm voerde, vormde bij gebrek aan reguliere scheikunde-curricula tot in de jaren 1830 de voornaamste route naar het professoraat.<sup>87</sup> Zo ging de Neurenbergse chemicus Johann Friedrich Philipp Engelhart (1797-1837) na zijn scheikundestudie bij Kastner in Erlangen, waar hij een jaargenoot van Liebig was, voor zijn verdere scholing in de chemische analyse nog twee jaar naar Göttingen. Met studiebeurzen van de stad Neurenberg en de staat Beieren studeerde hij vervolgens, ter voorbereiding op het reeds aan hem beloofde docentschap aan de Neurenbergse polytechnische school, nog bijna vier jaar in Stockholm en Parijs.<sup>88</sup> Afgezien van de lengte van Engelharts studieduur was zo'n levensloop in die tijd niet uitzonderlijk. Minstens 22 - en mogelijk zelfs 25 - van Stromeyers leerlingen brachten het tot hoogleraar in de chemie, mineralogie of farmacie - de vakken die Stromeyer doceerde (tabel 8.1).<sup>89</sup> Dit is een uitzonderlijk hoog aantal.<sup>90</sup>

De gegevens in tabel 8.1 maken duidelijk dat de school van Stromeyer een grote invloed had op het Duitse chemische onderwijs. Het is voornamelijk aan Liebig - die er heilig van overtuigd was dat hijzelf 'die Methode des praktischen Unterrichts geschaffen und ausgebildet' had - en aan zijn leerlingen toe te schrijven dat de rol van Stromeyer in de geschiedenis van de Duitse chemie-beoefening geheel genegeerd is.<sup>91</sup> Doordat de leerlingen van Liebig, A.W. Hofmann voorop, aan de basis stonden van de *Deutsche Chemische Gesellschaft* (1867) en in de *Berichte* over een spreekbuis beschikten hebben zij, via necrologieën en feestrede, het geschiedbeeld van hun groep tot algemeen gangbare historiografie kunnen verheffen, zodat een groot deel van de (oudere) chemie-historische literatuur de geschiedenis van het Duitse chemische onderwijs in Giessen laat beginnen. In dramatische bewoordingen schetste Liebig in zijn in 1890 door Hofmann uitgegeven autobiografische aantekeningen, de toestand waarin in zijn jeugd het Duitse universitaire scheikunde-onderwijs was geraakt:

Es war damals in der Chemie eine recht elende Zeit in Deutschland .. [...]. Chemische Laboratorien, in welchen Unterricht in der Analyse erteilt wurde, bestanden damals nirgendwo; was man so nannte, waren eher Küchen, angefüllt mit allerlei Oefen und Geräthen zur Ausführung metallurgischer oder pharmaceutischer Processe. Niemand verstand eigentlich die Analyse zu lehren.<sup>92</sup>

Dit citaat en vele andere uit Liebigs autobiografie zijn in de recente wetenschaps-historische literatuur reeds dusdanig onder vuur genomen, dat ik er aan voorbij zou zijn gegaan, ware het niet dat zich in het voetspoor van Gustin momenteel een nieuwe orthodoxie aftekent, die uitsluitend de chemisch-farmaceutische privé-



instituten als voorlopers van Liebigs laboratoriumonderwijs ziet.<sup>93</sup> De opkomst van het analytisch-chemische onderwijs aan de Duitse universiteiten - en met name de invloed van Stromeyers school - wordt daarbij volledig uit het oog verloren. De oorzaak van Gustins eenzijdige voorstelling van zaken is voornamelijk gelegen gelegen in zijn globale, vooral beroepssociologische analyse van de ontwikkelingen binnen de farmacie. De transformatie van de laboratoriumpraktijk en de inhoudelijke en maatschappelijke ontwikkelingen ten aanzien van kwaliteitscontrole van genees- en voedingsmiddelen - en dus de verbanden met de wetgeving, de opleiding van staatsartsen (aan de universiteiten) en het onderwijs in de analyse - zijn hem vrijwel geheel ontgaan.<sup>94</sup>

Vanuit het Göttingse laboratorium verbreidde zich de didactiek van het onderwijs in de praktische analyse over de Duitse universiteiten en polytechnische scholen. Het meest invloedrijk in wetenschappelijk opzicht waren daarbij Stromeyers beroemdste drie leerlingen Leopold Gmelin, Eilhardt Mitscherlich en Robert Wilhelm Bunsen.<sup>95</sup> Als leraren van een nieuwe generatie farmaceuten, medici en chemici speelden evenwel ook minder bekende chemici als Kühn en Wackenroder een rol. Wackenroder, die in Jena naast zijn hoogleraarschap ook een farmaceutisch instituut leidde, vermeldde over zijn didactische aanpak expliciet dat 'dieses System der Benutzung eines zum Unterricht dienenden Laboratoriums' een 'ununterbrochene Fortsetzung des Lehrsystems meines unvergesslichen Lehrers und Freundes Stromeyer' was.<sup>96</sup>

## 8.4 Het ontstaan van een nieuw beroep?

Op basis van een drietal indicatoren - de oprichting van nieuwe farmaceutisch-chemische instituten, de invoering van het universitaire onderwijs in de analytische chemie en de invloed die van de didactiek van Stromeyer uitging - heb ik hierboven laten zien dat het Duitse universitaire en farmaceutische scheikunde-onderwijs tussen 1820 en 1830 revolutionaire veranderingen doormaakte. In 1820 werd nog vrijwel nergens praktisch onderwijs in de chemische analyse gegeven, in 1830 was dit een gangbaar onderdeel van vrijwel elke farmaceutische of universitaire cursus in de chemie. Op grond van mijn analyse in de eerste twee paragrafen van dit hoofdstuk, zou men dan ook kunnen vermoeden dat tussen 1820 en 1830 de grondslag gelegd werd voor het ontstaan van een aparte beroepsgroep van (analytische) chemici, die zich van andere 'chemische beroepen' onderscheidde door de beheersing van de chemisch-analytische laboratoriumtechniek. Het hieronder te presenteren voorbeeld van de opvattingen van Lampadius toont dat er omstreeks 1830 inderdaad chemisch geschoolden waren die een nieuw beroep zagen ontstaan. Zulke aanwijzingen zijn echter schaars, een maatschappelijk duidelijk herkenbare groep vormden de analytisch geschoolde chemici toen niet. Nog tot ongeveer 1840 bleef de omvang van de groep van de 'Analytiker' zeer beperkt en hun werkterrein was, enkele nader te vermelden uitzonderingen

daargelaten, sterk aan het professoraat en het beroep van leraar gebonden. Van functies van analytisch geschoolde industriële chemici was, de metallurgische industrie met zijn eigen essayeurs-traditie vermoedelijk uitgezonderd, nog geen spoor te bekennen.

Aan het einde van de jaren 1820 werd er door sommigen voor het eerst van beroepschemici gesproken, die niet waren aangesteld in het onderwijs.<sup>97</sup> Zo publiceerde H. Chr. Creutzburg, een apotheker uit Heldburg in Thüringen, in 1827 onder de titel *Der Chemiker als Staatsdiener* een brochure waarin hij een pleidooi hield om zogenaamde 'Staatschemiker' aan te stellen. Deze zouden tot taak moeten krijgen toe te zien op de kwaliteit van voedings- en genotmiddelen, op de zuiverheid en sterkte van de in de apotheek aanwezige geneesmiddelen en zouden moeten optreden als examinatoren van de apothekersleerlingen. Hier werd een nieuwe publieke functie gedefinieerd, die gelegitimeerd werd door de staats-taken op het terrein van de volksgezondheid en die zijn professionele basis vond in een expertise op het gebied van de analytische chemie.<sup>98</sup>

Enkele jaren later borduurde de Freibergse hoogleraar scheikunde W.A. Lampadius op dit thema voort. Voor hem stond het vast dat de 'chemisch-polizeiliche Beaufsichtigung', bestaande uit het toezicht op de veiligheid en gezondheid in fabrieken en werkplaatsen en de hierboven genoemde taken op het gebied van de voeding en de farmacie, niet meer naar behoren door de gewone staatsartsen kon worden vervuld. Ondanks de opleiding op chemisch gebied, tijdens hun medische studie, kon men van hen immers naast hun vaak drukke artspraktijk onmogelijk een 'fortdauernde Uebung in analytischen Handgriffen' eisen. Er was dan ook volgens Lampadius maar één oplossing: de benoeming van 'Landeschemiker', die zich binnen een land of provincie volledig op de genoemde taken zouden kunnen concentreren.<sup>99</sup> De slechte toestand van de schatkist in bijna alle Duitse staten in die tijd en de in het vorige hoofdstuk behandelde 'Ueberfüllungskrise' in het ambtenarenapparaat, maakten de jaren rond 1830 bepaald niet tot de meest gunstige om met zulke plannen naar voren te komen. Het zou bijna tot 1880 duren eer de Duitse overheden 'Keuringsdiensten van Waren' ('chemische Lebensmitteluntersuchungsanstalten') gingen opzetten, die de door Creutzburg en Lampadius geschetste taken kregen toebedeeld.<sup>100</sup> In de tussentijd bleef de controle van genees- en voedingsmiddelen in de farmaceutische- en medische sector verankerd. Een 'geforceerde professionalisering' van de chemie, via een ingrijpen van de overheid zoals door Lampadius voorgesteld, was niet tot stand gekomen.

Apothekers en staatsartsen bleven de eerste tijd de beroepsgroepen voor welke het onderwijs in de chemische analyse was bestemd.<sup>101</sup> Dat dit zo was wordt onderstreept door mijn behandeling van het vroege polytechnische scheikunde-onderwijs in § 6.4. De 'revolutie' in het chemische laboratorium die hierboven beschreven is, ging tussen 1820 en 1830 nog vrijwel geheel aan die scholen voorbij. Een andere illustratie vormt het onderwijs dat Leopold Gmelin in Heidelberg gaf. Hij genoot alom achtung als de auteur van een befaamd chemisch leerboek en stond bekend als een uiterst bekwame analyticus, maar zijn onderwijs

was vrijwel uitsluitend voor farmaceuten en medici bestemd. Tussen 1831 en 1840 schreven zich in Heidelberg 116 farmaciestudenten in, tegen slechts 4 chemiestudenten.<sup>102</sup> Ook tussen 1840 en 1852 kwam er in deze situatie nog maar weinig verandering.<sup>103</sup>

De opkomst van het analytisch-chemische onderwijs tussen 1820 en 1830 mag men daarom wellicht wel als een 'noodzakelijke', maar zeker niet als een 'volgende' voorwaarde voor het ontstaan van het beroep van chemicus typeren. Er vond, mede om financiële redenen, geen 'geforceerde professionalisering' via de staat plaats, maar een geleidelijk proces waarin er naast de chemisch geschoolde fabrikanten en ambachtslieden een nieuwe groep (analytisch) chemische experts ontstond hand in hand met de verbreiding van de analytisch-chemische methoden over werkterreinen anders dan dat van de farmacie. Daarbij moet vooral aan de nijverheidssector worden gedacht. Voor dat proces waren de gewijzigde sociale en politieke verhoudingen in het Duitsland van na de Julirevolutie van groot belang. Na 1830 kregen de leraren binnen het polytechnische onderwijs een steeds grotere invloed op de inhoud van de programma's.<sup>104</sup> Daarbij trad op chemisch gebied een nieuwe generatie leraren aan, die aan de universiteit was opgeleid in de periode na 1820 en die daardoor goed op de hoogte was van de nieuwste ontwikkelingen in de analytische chemie (§ 8.5). Deze generatie zorgde ervoor dat er binnen de curricula een verbinding tot stand werd gebracht tussen de 'wetenschappelijke' medisch-farmaceutische georiënteerde chemische analyse en de decennia lang daarvan losstaande testmethoden in de industrie (§ 8.6).

## 8.5 De tweede generatie chemiedocenten in het polytechnische onderwijs

De tweede generatie scheikundedocenten aan de Duitse polytechnische scholen, die tussen 1830 en 1851 op het toneel verscheen, week in verschillende opzichten van de eerste af.<sup>105</sup> De docenten die voor 1830 het chemische onderwijs verzorgden, waren in overgrote meerderheid geboren voor het laatste decennium van de 18e eeuw. Hun opleidingsjaren lagen dan ook geheel in, of zelfs vóór, de rumoerige Napoleontische periode, toen de discussies over de hervorming van het onderwijs in praktische zin en over het stimuleren van de 'nuttige' wetenschappen niet van de lucht waren. De meesten van hen hadden in hun opleiding nog nauwelijks van de daaruit resulterende hervormingen geprofiteerd. Hun scholing was voornamelijk bepaald door de verhoudingen en instellingen die kenmerkend waren voor het 'ancien régime': een leertijd in de apotheek, het bezoek van een medische faculteit, of het onderwijs aan een Kameralistisch Instituut.<sup>106</sup>

De tweede generatie chemie-docenten daarentegen was vrijwel geheel na de eeuwwisseling geboren en opgeleid gedurende de Restauratie-periode die volgde op de vrijheidsoorlogen en de Franse tijd. De onderwijsvernieuwingen die

gerealiseerd waren in de decennia na de Franse Revolutie, hadden voor een nieuwe institutionele infrastructuur gezorgd, die het mogelijk maakte om een veel intensievere en meer experimenteel gerichte scholing in de chemie te ontvangen. De docenten die na 1830 in het polytechnische onderwijs aantraden waren in overgrote meerderheid het produkt van deze nieuwe verhoudingen. Op de chemici na die in Oostenrijk waren opgeleid, hadden ze allen geprofiteerd van de invoering van het praktische laboratoriumonderwijs in de chemische analyse, die na 1820 had plaatsgevonden. Wanneer we in globale termen de opleidingsachtergrond van de tweede generatie docenten met die van de docenten van de eerste vergelijken, kunnen we dan ook een aantal opmerkelijke verschillen constateren (tabel 8.2).

**Tabel 8.2:** De vooropleiding van de chemie-docenten aan de polytechnische scholen: een vergelijking tussen de docenten van de eerste en de tweede generatie.

Vooropleiding	Docenten aangesteld vóór 1830 <sup>1</sup>	Docenten aangesteld 1830-1851 <sup>1</sup>
Aantal docenten	22	34
Farmaceutisch	9 (41%)	12 (35%)
Medisch	9 (41%)	12 (35%)
Wetenschappelijk/technisch <sup>2</sup>	8 (36%)	26 (76%)

Opm.: 1 = De som van de percentages is hoger dan 100, omdat verschillende chemici (vooral in de tweede periode) meerdere typen opleiding volgden (zie bijlage F). De paar docenten waarvan de opleidingsgegevens onbekend waren zijn niet in de beschouwing betrokken; 2 = D.w.z. opgeleid aan een 'filosofische faculteit', een Kameralistisch Instituut, of een polytechnische school.

Bron: Bijlage F.

Terwijl de docenten van de eerste generatie nog in meerderheid uit de medisch-farmaceutische sector kwamen, zien we uit tabel 8.2 dat ruim 75 % van de chemie-leraren die tussen 1830 en 1851 werden aangesteld mede een wetenschappelijke of technische vooropleiding had. Deze forse verschuiving in de richting van opleidingen waarin de chemie veel minder een bijvak was dan voorheen, werd veroorzaakt door een drietal institutionele ontwikkelingen die gedurende de eerste drie decennia van de negentiende eeuw in het Duitse hoger onderwijs hadden plaatsvonden: 1. de verwetenschappelijking van het farmaceutische onderwijs, die het resultaat was van de hierboven behandelde oprichting van de chemisch-

farmaceutische instituten en de toelating van de apothekersleerlingen tot de universiteit; 2. het ontstaan van (andere) universitaire onderwijslaboratoria, die samenhang met het, eveneens hierboven behandelde, toegenomen belang van de chemische analyse; en 3. de oprichting van de polytechnische scholen zelf.

Dat ook van de generatie docenten die na 1830 werd aangesteld nog zeker 35% een medische faculteit had bezocht, moet voornamelijk aan de verhoudingen binnen het Oostenrijkse keizerrijk worden toegeschreven. Na ongeveer 1810 stagneerde daar het hervormingsproces aan de universiteiten. De filosofische faculteiten behielden hun traditionele achttiende eeuwse propedeutische functie, chemisch-farmaceutische instituten werden niet opgericht en onderwijs in de chemische analyse kwam nauwelijks van de grond. Van de 10 chemie-docenten die tussen 1830 en 1851 aan een Habsburgse polytechnische school werden benoemd, bezochten er 7 een medische faculteit. Een percentage dat dubbel zo hoog is als het overeenkomstige percentage voor de populatie als geheel.

Net als voor de medisch gevormden het geval was, was het aandeel van de apothekers in de docentenpopulatie na 1830 maar weinig kleiner als daarvoor. Terwijl deze apothekers echter vóór 1830 soms zonder verdere vooropleiding als docent werden aangesteld, of doorstudeerden aan een medische faculteit (Juch, Ficinus), zien we in bijlage F dat de apothekers uit de tweede docentengeneratie hun opleiding in zeer grote meerderheid afrondden door te promoveren aan een filosofische faculteit. Deze verschuiving hing enerzijds samen met de oprichting van een aantal chemisch-farmaceutische instituten die, al dan niet via personele unies, met de filosofische faculteiten waren geassocieerd, anderzijds, bijvoorbeeld in Pruisen, met het feit dat voor de medische faculteit wel een gymasiaal eindexamen werd geëist, terwijl dit voor de filosofische faculteit niet het geval was. In Oostenrijk echter bleef de scholing van toekomstige apothekers een taak van de medische faculteit.

Verschillende van de chemiedocenten die na 1830 aan polytechnische scholen werden aangesteld, kwamen via een universitaire farmacie-studie met de chemie in contact. F. Moldenhauer en H. Fehling studeerden bijvoorbeeld aan de Heidelbergse universiteit, waar de chemicus en medicus Leopold Gmelin en de farmaceut P. L. Geiger de opleiding verzorgden. G.C. Kaiser studeerde aan de universiteit te Landshut bij de chemicus en mineraloog Fuchs en de chemicus-farmaceut Buchner, F.J. Otto aan het beroemde farmaceutische instituut van Wackenroder te Jena en K. Winkelblech en W. Stein aan het farmaceutische instituut van Liebig in Giessen. Van de grote groep studenten die tussen 1830 en 1850 bij Rose in Berlijn farmacie studeerden, kwam er slechts één op een polytechnische school terecht: C.F. Rammelsberg.

Anderen kwamen via een medische studie, of rechtstreeks via de filosofische faculteit, in het vaarwater van de chemie. Twee universiteiten staken daarbij als toeleveranciers van polytechnische scheikunde-docenten boven alle andere uit: tussen 1820 en 1835 het laboratorium van Stromeyer aan de Göttingse universiteit (3 docenten van de eerste generatie en 4, mogelijk zelf 7 docenten van de tweede

generatie (tabel 8.1)) en na 1835 het laboratorium van Liebig te Giessen (7 docenten, inclusief de twee genoemde farmaceuten). De Berlijnse universiteit kwam met 5 docenten op de derde plaats.

Een derde nieuwe opleidingsroute vormden de polytechnische scholen zelf. Van een systematische opleiding tot chemicus was vóór 1830 weliswaar nog geen sprake, het assistentschap evenwel was, zoals ik in hoofdstuk 6 heb laten zien, een bewust gecreëerde kweekplaats voor nieuwe docenten. Zo was de Praagse hoogleraar K.J.N. Balling voor zijn benoeming jarenlang de assistent van zijn voorganger J.J. Steinmann geweest, was de directeur van de Hannoveriaanse polytechnische school Karmarsch een produkt van het Weense instituut en was de Neurenbergse scheikundeleraar en fabrikant Thomas Leykauf voor zijn benoeming leerling aan de Neurenbergse school geweest.

Bovenstaand overzicht laat de docenten van de tweede generatie zien als de representanten van een periode die als een overgangperiode kan worden gekarakteriseerd.<sup>107</sup> Hun studie had plaatsgevonden op instellingen en laboratoria die het resultaat waren de Verlichtingspedagogische en utilitaristische bewegingen uit de hervormingsperiode. Gestructureerde opleidingen tot chemicus bestonden evenwel nog niet. De gegevens uit tabel 8.2 laten zien dat de verschuiving die gaande was van een medisch georiënteerde vooropleiding in de richting van een strikt chemische, tussen 1820 en 1850 nog lang niet voltooid was. Dat was met name in Oostenrijk het geval. Ook had zeker 35 % van de docenten van de tweede generatie nog een leerperiode in een apotheek achter de rug, voordat ze op de universiteit hun carrière in de richting van de chemie verlegden.

Toch moet het contrast dat er bestond tussen de vooropleiding, de wetenschapsvisie en de beroepsopvattingen van de leden van de tweede generatie en die van de eerste niet worden onderschat. Kijken we naar de vooropleiding, dan is het met name opvallend dat een groot aantal docenten van de tweede generatie slechts van een klein aantal laboratoria afkomstig was. Dat waren nu juist de laboratoria die voorop liepen bij het onderwijs in de chemische analyse en die bekend stonden als centra van het wetenschappelijke chemische onderzoek. Zoals ik hierboven reeds heb aangegeven waren in die tijd de bekwaamheid tot het verrichten van wetenschappelijk chemisch onderzoek en de vaardigheid in het uitvoeren van chemische analyses sterk gekoppeld. Het was vooral op die twee onderling verbonden dimensies, dat de docenten van de tweede generatie zich onderscheidden van de voor 1830 aangestelde scheikundigen.

Terwijl de docenten van de eerste generatie vooral in lokale patriottische genootschappen en in een technologisch georiënteerde gemeenschap waren geïntegreerd, waren de meeste docenten van de tweede generatie leden van een chemische gemeenschap. Het feit dat zij bewust de topcentra van het Duitse en Europese chemische onderzoek opzochten legt daarvan getuigenis af. Verschillende leden van de tweede docentengeneratie zetten namelijk na de beëindiging van hun academische studie hun chemische vorming voort aan een van de toonaangevende centra van de toenmalige chemie: Parijs (Moldenhauer, Magnus, Bunsen, Fehling, Rochleder), Stockholm (Wöhler, Magnus), Berlijn (Bunsen, Rochleder)

of Giessen (Fehling, Rochleder). De beheersing van de praktijk van de chemische analyse, die door die voorgezette studie aan de genoemde 'topinstituten' werd geperfectioneerd, speelde een centrale rol in de zelfopvatting van deze chemici. Pas wie zich door 'eigene und gründliche [praktische] Arbeiten' bewezen had, was 'wirklich .. ein Chemiker', schreef J.W. Doebereiner in 1827 en met die opvatting stond hij niet alleen.<sup>108</sup>

Deze gerichtheid van de docenten van de tweede generatie op de chemie als discipline, zou een grote rol spelen in de transformatie van het polytechnische scheikunde-onderwijs van een aantal losse cursussen voor ambachtslieden en fabrikanten, tot een gerichte opleiding van 'beroepschemici'. Deze verandering in de chemische curricula van de polytechnische scholen komt in hoofdstuk 9 aan bod. Daar zal ook worden ingegaan op de verbreiding van de scholing in de chemische analyse binnen dat onderwijs. Om echter te kunnen begrijpen waarom de grote veranderingen die het universitaire laboratoriumonderwijs tussen 1820 en 1830 doormaakte, halt hielden voor de poort van de polytechnische school - dat wil zeggen, door de docenten van de eerste generatie niet werden opgepakt - is het nodig nader in te gaan op de verhouding tussen de analytische en de industriële chemie in de eerste decennia van de negentiende eeuw.

## 8.6 De industriële analyse

Terwijl de expertise van de analytische chemicus uit de tweede helft van de negentiende eeuw er nu juist uit bestond dat deze een aantal betrouwbare en nauwkeurige analysemethoden op een groot aantal verschillende problemen kon toepassen, lagen omstreeks 1800 de werkgebieden van de 'wetenschappelijke' (farmaceutische) analytische chemie en de 'industriële testmethoden' mijlenver uiteen.<sup>109</sup> Zowel inhoudelijk als in de organisatie van het onderwijs vormden de vroeg-negentiende eeuwse analytische chemie en de controle van industriële grondstoffen, processen en producten twee gescheiden werelden.

Aan de hierboven behandelde universitaire en farmaceutische opleidingsinstuten werden wel de drie toen belangrijkste analysemethoden - de blaaspijp, de gravimetrie en het gebruik van reagentia (zwavelwaterstof) - gedoceerd, maar de industriële testmethoden kregen vrijwel geen aandacht. Volumetrische methoden, de verzamelnaam waaronder verschillende industriële methoden later bekend stonden, werden in de handboeken van Pfaff en Rose niet behandeld.<sup>110</sup> Nog in de *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* van C.R. Fresenius uit 1845, dat het standaardwerk voor de volgende generatie chemici zou worden, namen volumetrische methoden slechts een geringe plaats in.<sup>111</sup> Fresenius behandelde deze methoden uitvoeriger in een afzonderlijk, sterk technische gericht boekwerk, dat hij in 1843 uitgaf met zijn Giessense collega H. Will, onder de titel: *Neue Verfahrungsweisen zur Prüfung der Pottasche und Soda, der Aschen, der Säuren, insbesondere des Essigs, sowie des Braunsteins auf ihren wahren Gehalt und*

*Handelswerth. Für Chemiker, Pharmaceuten, Techniker und Kaufleute* (Heidelberg).<sup>112</sup> Terwijl in de inleiding van het eerstgenoemde boek uitvoerig werd toegelicht hoe de bestudering van dat werk onderdeel van een systematische chemische studie kon zijn, was het tweede boek - ondanks de op de titelpagina genoemde 'Chemiker' - duidelijk op een ander publiek gericht, dat slechts heel weinig kennis van de chemie behoefde te hebben. In de richting van hun vakbroeders verontschuldigten Fresenius en Will zich zelfs ervoor dat het boek zoveel uitleg bevatte 'which to the scientific chemist may appear trivial'.<sup>113</sup> Dat één auteur twee zulke verschillende boeken voor twee gescheiden publieken schreef, onderstreept de kloof die er toen nog bestond tussen de volumetrie en de wetenschappelijke analytische chemie, maar laat tevens zien dat beide tradities op elkaar betrokken raakten. Tien jaar later toen Friedrich Mohr zijn *Lehrbuch der chemisch-analytische Titrimethode* (1855-56) publiceerde kreeg de volumetrie een volwaardige plaats binnen de analytische chemie en vanaf die tijd raakten de klassieke analytische chemie en de technisch-industriële analyse in toenemende mate geïntegreerd.

De eerste volumetrische (of titrimetrische) analysemethode dateerde uit de tweede helft van de achttiende eeuw. De noodzaak voor de ontwikkeling van nieuwe en verbeterde methoden op dit deelterrein van de analytische chemie was geheel gelegen in het ontstaan en de groei van nieuwe takken van de chemische industrie. De grootschalige produktie van zwavelzuur, soda en bleekpoeder die van de grond kwam in Engeland en Frankrijk in de laatste jaren van de achttiende en de eerste decennia van de negentiende eeuw, schiep een dringende behoefte nieuwe methoden te vinden om het productieproces te controleren, het gehalte van de handelsprodukten te bepalen en, zoals in het geval van bleekpoeder, de dosering bij bepaalde toepassingen te kunnen reguleren. In alle drie de gevallen ging het daarbij om sterk werkende, bijtende en min of meer toxische chemicaliën, waardoor de gangbare testmethoden uit de bestaande takken van de chemische nijverheid (als de bierbrouwerij of de verf- en de meekrapproduktie) - op basis van smaak, geur en visuele eigenschappen - niet gebruikt konden worden. Het is in de zwavelzuur-, de soda- en de bleekpoederproduktie dat we de eerste kwantitatieve volumetrische testmethoden zien ontstaan.<sup>114</sup>

Dat de 'academische' analytische chemie en de industriële analyse decennia lang gescheiden wegen gingen, is om verschillende redenen begrijpelijk. Bij de analyse van mineralen, geneesmiddelen en chemische produkten was het de chemische onderzoeker vooral om nauwkeurigheid en betrouwbaarheid te doen. De tijdsduur en complexiteit van de uit te voeren experimenten was daarmee vergeleken van secundair belang. Deze criteria van nauwkeurigheid en betrouwbaarheid waren van belang bij verschillende praktische onderzoeken in de medische sfeer (vergiftigingen, zuiverheid van voedsel, water en geneesmiddelen, e.d.), welke toch wel de belangrijkste context vormde voor de academische chemie, maar in een nog veel sterkere mate in het wetenschappelijke chemische debat. Een 'ontdekking' van een nieuwe chemische verbinding, en daarmee de



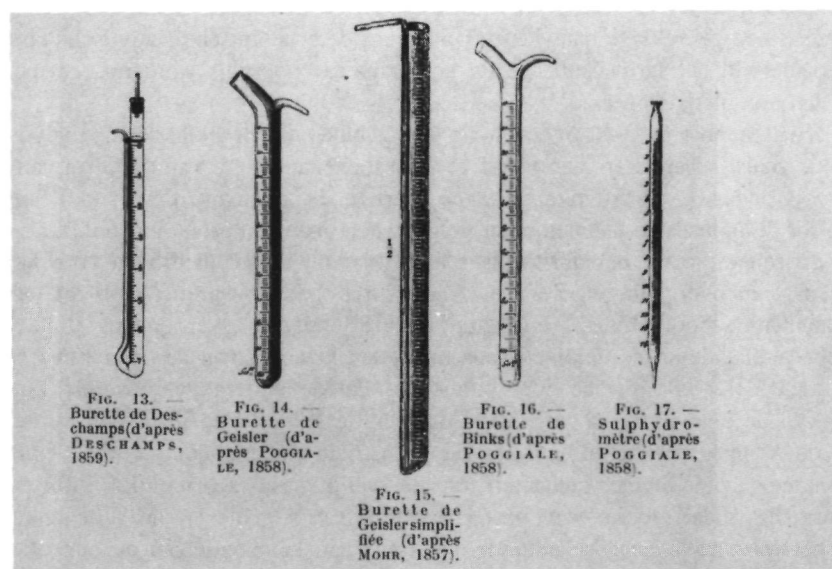
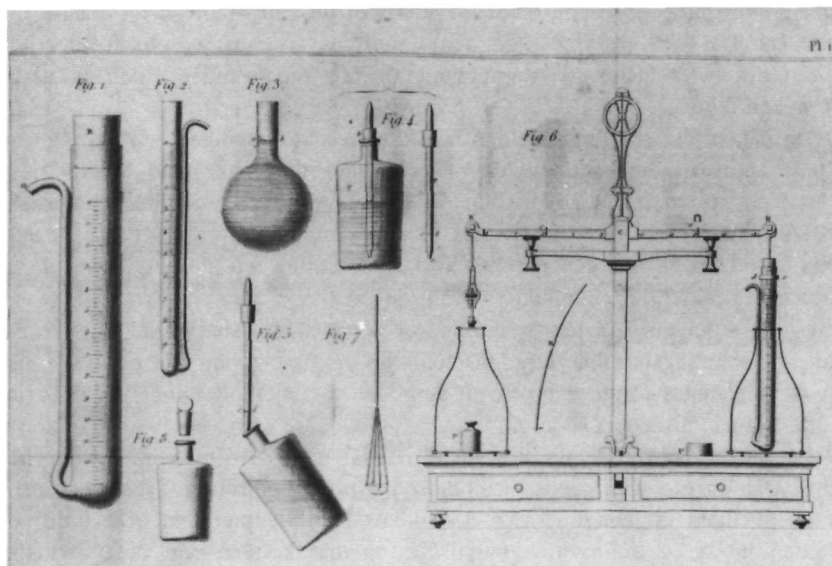
sleutel tot reputatie en roem, stond of viel met de nauwkeurigheid van de uitgevoerde analyse. Een grondig uitgevoerde analyse van een theoretisch interessante verbinding kon, inclusief de voorafgaande en nog tijdrovender zuiveringsstappen, vaak weken duren.<sup>115</sup>

In de industriële analyse speelden heel andere overwegingen een rol. Betrouwbaarheid en nauwkeurigheid waren niet onbelangrijk, maar ook de tijd die een analyse zou kosten legde gewicht in de schaal. Voor commerciële analyses van handelsprodukten was de tijd vooral een kostenpost, voor de procesbewaking tijdens de fabricage was een redelijk korte analysetijd een *conditio sine qua non*. Daarnaast speelde de complexiteit van de methode mee.<sup>116</sup> In veel gevallen moesten de arbeiders zelf het productieproces bewaken. Analysemethoden die een langdurige scholingsperiode vergden, zoals de vele methoden van de academische analytische chemie, waren dan ook uit den boze. De methode moest simpel zijn en in korte tijd aan arbeiders te leren.<sup>117</sup>

Voor de analysemethoden die tussen 1780 en 1830 ingang vonden in de chemische industrie was steeds dit compromis tussen betrouwbaarheid aan de ene kant en snelheid en eenvoud aan de andere kant kenmerkend. De tijdrovende methoden uit de academische analytische chemie konden aan deze industriële selectiecriteria niet voldoen. Net zo min waren de industriële methoden, vanwege hun toen nog gebrekkige nauwkeurigheid, voor de academische analytische chemie acceptabel. In het farmaceutische en universitaire onderwijs werden deze methoden dan ook niet gedoceerd.<sup>118</sup>

Terwijl kennis en vaardigheden op het gebied van de 'klassieke' analytische chemie zoals ik heb laten zien vanaf 1815 in toenemende mate in de vorm van een 'schools onderwijs' werd overgedragen, verliep de kennisoverdracht met betrekking tot de industriële testmethoden volgens een ander patroon. In hoofdzaak was niet de school, maar de fabriek de plaats waar de eerste methoden ontwikkeld, toegepast en overgedragen werden. Alleen in Frankrijk waren de op dit terrein gescheiden 'school culture' en 'shop culture' enigszins verbonden. Bijna alle vroege publicaties over volumetrische methoden kwamen van de hand van Franse auteurs.<sup>119</sup> Het is vanwege deze publicaties dat de ontstaangeschiedenis van dit deel van de analytische chemie nog enigszins te achterhalen is. De verspreiding van de kennis met betrekking tot de industriële testmethoden verliep immers grotendeels via directe contacten en nauwelijks via schriftelijke informatie-overdracht, zodat er niet veel bronnen bewaard zijn gebleven. Met de opkomst van het (poly)technische scheikunde-onderwijs aan het begin van de negentiende eeuw kwam er verbetering in deze situatie. Verschillende technisch-chemische leerboeken bevatten informatie over industriële of andere praktische testmethoden.<sup>120</sup>

De industriële inbedding van de vroege volumetrie komt goed tot uitdrukking in het volledig branche-specifieke karakter van de gehanteerde methoden. Het gebruik van het woord 'volumetrie' is in feite een anachronisme. De term ontstond pas in het midden van de negentiende eeuw, toen in de praktijk (Engeland) en in het onderwijs (Duitsland) stappen gezet werden die tot een generali-



**Afb. 31:** Hulpmiddelen ontworpen door J.-L. Gay-Lussac ten behoeve van de zilverbepaling door titratie met een oplossing van keuzenzout, waaronder twee buretten (fig. 1 en 2), een maatkolf (fig. 3), twee pipetten (fig. 4 en 5) en een balans voor de bepaling van de titer van de zoutoplossing (Gay-Lussac, *Instruction sur l'essai des matières d'argent* (1832), planche 1).

**Afb. 32:** Vóór ongeveer 1850 was er weinig standaardisatie van de hulpmiddelen voor volumetrisch onderzoek. Verschillende typen buretten waren naast elkaar in gebruik, zoals de hier getoonde buretten van Deschamps, Geissler en Binks, met name omdat men voor specifieke bepalingen de toevlucht nam tot speciaal voor dat doel ontworpen instrumenten. Naast de 'sulphydromètre' (fig. 17), waren er bijvoorbeeld 'chloromètres', 'alkalimètres' en 'potassimètres' (Christophe, *l'Analyse volumétrique*, pag. 37 - Fotodienst KU Nijmegen).

sering van de gebruikte methoden leidden. Vóór die tijd bestonden de verschillende testmethoden en instrumenten naast elkaar: de 'Berthollimètre' (1794) en de 'Chloromètre' (1824) voor de dosering en gehaltebepaling van chloor en bleekpoeder in de blekerij; de 'Alcalimètre' (1806) voor de bepaling van soda en potas, evenals de 'Potassimètre' (1846); en de 'Sulfhydromètre' (1840) voor de bepaling van zwavelzuur.<sup>121</sup> Iedere methode had zijn eigen type buret, zijn eigen schaalindeling en zijn eigen meeteenheid (graad).<sup>122</sup> Ook andere takken van de chemische industrie hadden hun eigen testmethoden. Zo verbeterde de Praagse hoogleraar Balling de 'sachometrische Bier- und Branntweinprobe' (1846), promoveerde de latere Brunswijkse hoogleraar Otto in 1831 op een 'Acetometer' ten behoeve van de azijnbereiding, en vond de veelzijdige Fransman Descroizilles een 'Alkoholometer' (1806) uit.<sup>123</sup>

Pas toen na 1840 - eerst in Engeland, en na de publicatie van Mohrs boek ook in Duitsland - 'normaaloplossingen' op basis van atoom- of equivalentgewichten, werden ingevoerd en de eerste 'multi-purpose' kraanbureten verschenen, ontstonden er algemene titrimetrische methoden die in verschillende bedrijfstakken konden worden toegepast.<sup>124</sup> Naast deze veranderingen in de 'metriek' en in de uitvoering van de titratie, droeg ook de invoering van deze methoden in het onderwijs bij tot het ontstaan van een algemene, branche-overstijgende 'volumetrie'. Kennisoverdracht in schoolverband vormde, nadat aparte studie-onderdelen 'analytische chemie' waren ingevoerd, een prikkel tot generalisatie. Docenten groepeerden de verschillende methoden in klassen op grond van overeenkomsten in de instrumentele uitvoering, of op grond van vergelijkbare fysische en chemische principes die aan de verschillende methoden ten grondslag lagen.

Terwijl in Duitsland de academische analytische chemie en de industriële analyse tot na 1840 gescheiden wegen gingen, was er in Frankrijk - zoals gezegd - wél enige interactie tussen beide analytische tradities. Vele vooraanstaande Franse chemie-docenten waren tevens fabrikant (Guyton de Morveau, Chaptal, Vauquelin), adviseur van de chemische industrie (Gay-Lussac), of bekleedden een staatsfunctie waarin zij het toezicht op een bepaalde bedrijfstak hadden (Berthollet). Deze chemici droegen in een belangrijke mate bij tot de verbetering van verschillende industriële analysemethoden. Szabadváry gaat zelfs zo ver dat hij stelt dat de volumetrie aanvankelijk een typisch Franse methode was.<sup>125</sup> Vooral Gay-Lussac leverde een belangrijke bijdrage aan de verbetering van een groot aantal volumetrische bepalingen. Het compromis tussen snelheid, simpelheid en betrouwbaarheid dat deze industriële methoden kenmerkte bleef bestaan, maar in verschillende publicaties tussen 1820 en 1835 beschreef Gay-Lussac nieuwe uitvoeringswijzen en instrumentele verbeteringen, die er voor zorgden dat de betrouwbaarheid van deze analyses aanzienlijk werd opgevoerd. Een hoogtepunt dat internationaal de aandacht van chemici, essayeurs en overheden trok, was daarbij zijn *Instruction sur l'essai des matières d'argent par la voie humide* (1832).<sup>126</sup> Via zijn leerlingen vonden volumetrische methoden vanaf de jaren 1820 ook in academische kringen steeds meer ingang.<sup>127</sup>

In Duitsland verliep deze integratie van de academische analytische chemie en de industriële, volumetrische analyse langzamer en later dan in Frankrijk. De jaren 1840-1860 kan men daar als een overgangperiode beschouwen. Twee ontwikkelingen vonden in deze periode plaats. Enerzijds de integratie van de industriële analyse binnen de bestaande analytisch chemie, waardoor de scheidslijn tussen de 'technische' en de 'wetenschappelijke' analytische tradities grotendeels doorbroken werd. Anderzijds - en gekoppeld daaraan - het ontstaan van de 'volumetrie' als apart deelterrein binnen de analytische chemie, waardoor de scheidslijnen die er daarvoor bestaan hadden tussen de verschillende branchespecifieke analysemethoden, eveneens in belangrijke mate doorbroken werden.

Dat de analytische chemie en de industriële analyse naar elkaar toe groeiden had zeker te maken met de toegenomen wetenschappelijke precisie van de titrimetrische bepalingen onder invloed van het werk van Gay-Lussac. Daarnaast speelde de technische perfectionering van het gebruikte instrumentarium en de toenemende standaardisatie van de methoden een rol. Hierdoor werden ook de niet-volumetrische methoden binnen de analytische chemie steeds eenvoudiger in het gebruik en steeds minder gebonden aan de persoonlijke handigheid en ervaring van de experimentator. Op het terrein van het kwalitatieve analytisch-chemische onderzoek vormen de 'scheikunde koffers' in dit verband een goed voorbeeld. Aanvankelijk door getrainde mijnbouwkundigen, artsen en apothekers gebruikt, was er omstreeks 1828 sprake van dat 'gute gearbeitete chemische Probierecabinette nicht allein den Medicinalbeamten (willkommen sind), sondern auch vielen Technikern.. , die sich immer mehr überzeugen, dass chemische Kenntnisse ihre Geschäfte fördern und verbessern'.<sup>128</sup>

De toegenomen nauwkeurigheid en betrouwbaarheid maakten dat het gebruik van volumetrische methoden in het wetenschappelijk onderzoek steeds normaler werd. Daarbij waren er in wetenschappelijke kring aanzienlijke weerstanden te overwinnen. Volgens de daar heersende traditie was de balans het centrale instrument. Berzelius, bijvoorbeeld, reageerde in 1829 duidelijk met afkeuring op een publicatie van Gay-Lussac waarin deze een volumetrische methode voor de bepaling van borax beschreef:

Es ist .. zu hoffen, dass diese analytische Methode nicht in die Wissenschaft eingeführt und nicht da gebraucht werde, wo eine schärfere anwendbar und die gesuchte Zahl von einiger Wichtigkeit ist; denn sie kann doch nie mehr als gute Approximation geben...<sup>129</sup>

Voor de wetenschap waren andere criteria relevant dan voor de industrie - met betrekking tot de nauwkeurigheid mochten geen compromissen gesloten worden. Ook Fresenius gaf in 1845 nog de voorkeur aan het gebruik van de balans, ondanks de veel tijdrovender procedure:

Als Regel kann man aufstellen, dass die durch Messung (= volumetrie) erhaltenen Resultate durch Wägung erhaltenen an Genauigkeit nicht gleichkommen. Weil man demnächst das Wägen wo möglich vorzieht, so .... fügen (wir) in Bezug auf Flüssigkeitsmessungen nur einige Worte hinzu.<sup>130</sup>

In het voorwoord van de derde druk van zijn leerboek (1853) liet Fresenius weten van gedachten veranderd te zijn. In een paar jaar tijd was de 'Maassanalyse' (volumetrie) uitermate belangrijk geworden.<sup>131</sup>

Benutzte man auch früher maassanalytische Methoden, so standen solche doch ziemlich vereinzelt da und wurden mehr bei technischen Gehaltsbestimmungen als bei wissenschaftlichen Untersuchungen angewandt, - während jetzt das Streben der Zeit dahin geht, auch bei letzteren mit Hilfe der Maassanalyse, unbeschadet der Genauigkeit, ungleich rascher zum Ziele zu kommen, als bei Anwendung gewichtsanalytischer Bestimmungsmethoden möglich ist.

Friedrich Mohr trok in zijn invloedrijke boek uit 1855 vergelijkbare conclusies op basis van een systematisch onderzoek waarin hij de nauwkeurigheid van de verschillende volumetrische procedures met die van de gangbare gravimetrische methoden vergeleek.<sup>132</sup> Mohr en Fresenius brachten zo de argumenten naar voren die de integratie van de volumetrie in de academische analytische chemie definief bezegelden. Toch zou het te simpel zijn op dit integratieproces alleen op het conto van de toegenomen nauwkeurigheid van de industriële analysemethoden te schuiven. Immers, ook voordat Fresenius en Mohr hun boeken publiceerden was dit proces van integratie reeds op gang gekomen en werd de volumetrie op verschillende scholen en universiteiten als onderdeel van de analytische chemie gedoceerd. Vermoed kan worden dat daarbij de groei van de Duitse chemische basisindustrie die na 1840 inzette, een rol speelde. In Frankrijk en Engeland gingen, zoals hierboven is aangeven, de groei van de zwavelzuur-, soda- en bleekpoederindustrie en de ontwikkeling van de volumetrie hand in hand. Voor Duitsland is dit verband echter niet onderzocht.

Naast de toegenomen nauwkeurigheid van de volumetrie en, mogelijk, de opkomst van de chemische basisindustrie in Duitsland, waren er ook verschillende institutionele en ideologische factoren die bijdroegen tot de integratie van de volumetrie in het universitaire en polytechnische onderwijs. Het zijn deze processen, die in het volgende hoofdstuk zullen worden onderzocht. In belangrijke mate kunnen zij opgevat worden als een verschuiving in de doelstellingen van het chemisch onderwijs en als een verandering van de waarde-oriëntatie binnen de wetenschap. Het chemisch onderwijs moest voortaan de 'wetenschap' als de 'industrie' tegelijk bedienen. Naast nauwkeurigheid werden ook industriële waarden als snelheid en eenvoud criteria binnen de wetenschap. Het gegeven citaat van Mohr wijst reeds in deze richting. Nog scherper werd deze industriële betrokkenheid van de wetenschap verwoord door de Breslause privaat-docent Heinrich Schwarz in de inleiding tot een van de eerste leerboeken over de titrimetrie (1853):

Mittels dieser Maassmethoden ist es gelungen, die quantitative Analyse in das praktische Leben einzuführen. Ich würde mich hinreichend belohnt finden, wenn es mir gelingen sollte, nur Etwas beizutragen, auch in Deutschland die Bahn zu erweitern, auf der die Wissenschaft in das emsige Schaffen der Industrie und Technik eindringt.<sup>133</sup>

Niet alleen de 'Maassmethoden' drongen echter de industrie binnen, ook de vertegenwoordigers van een nieuwe beroepsgroep: de analytisch geschoolde technisch-chemici. Het waren de veranderingen in de chemische curricula van de universiteiten en - duidelijker traceerbaar - de polytechnische scholen die er voor zorgden dat deze beroepsgroep tussen 1830 en 1850 ontstond.

## HET ONTSTAAN VAN OPLEIDINGEN VOOR CHEMICI AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOLEN, 1830-1850

November 1850 was een bijzondere maand in de geschiedenis van het chemische onderwijs aan de Karlsruher polytechnische school. Overal in Duitsland had na de politieke gebeurtenissen van het revolutiejaar 1848 opnieuw een geest van vernieuwing en hervorming het schoolwezen in zijn greep gekregen. Ook met betrekking tot het polytechnische onderwijs werden, van Karlsruhe tot Wenen en van Berlijn tot Zürich, ingrijpende reorganisaties doorgevoerd. Op het gebied van de chemie vormden de twee besluiten die de Badense regering in november 1850 nam een treffende illustratie van de veranderingen die toen in vrijwel alle Duitse staten plaatsvonden. Het eerste opmerkelijke besluit was de beslissing om het gezag over het chemische onderwijs aan de Karlsruher polytechnische school aan de reeds vijftientig jaar in functie zijnde professor Friedrich Walchner te ontnemen en dit over te dragen aan de scheikundige Karl Weltzien, die bedreven was in de organische en de analytische chemie. Het tweede besluit betrof de bouw van een groot analytisch- en technisch-chemisch laboratorium, waarvoor Weltzien een ruim budget ter beschikking kreeg. Nog geen jaar later was dit laboratorium gereed.<sup>1</sup>

Met Walchner verdween de laatste scheikundedocent aan een Duitse polytechnische school, wiens dienstverband nog vóór 1830 was gestart. Zijn vertrek symboliseert dan ook het einde van een tijdperk. De invloed van de 'polytechnische' en op het onderwijs gerichte docenten van de eerste generatie was definitief voorbij.

De bouw van het grote laboratorium van de 'chemisch-technische Schule' te Karlsruhe door Karl Weltzien en de architect Heinrich Lang, was eveneens symbolisch voor het begin van een nieuwe fase in de geschiedenis van het Duitse scheikunde-onderwijs. In de vijftien jaar die volgden verrezen overal in Duitsland grote chemische onderwijslaboratoria, die in hun bouw en inrichting verschillende onderdelen van het laboratorium in Karlsruhe tot voorbeeld namen. De invloed van het laboratorium van Weltzien bleef daarbij niet tot de polytechnische sector van het hogere scheikunde-onderwijs beperkt. Ook de twee grootste en meest invloedrijke universiteitslaboratoria van de jaren 1850, die in Heidelberg (gebouwd 1854-1855) en Göttingen (gebouwd 1857-1861), volgden het in Karlsruhe

gegeven voorbeeld. Dat universiteiten ook iets van de polytechnische scholen zouden kunnen leren zou twintig jaar daarvoor, behalve in Oostenrijk, ondenkbaar zijn geweest. Universiteit en polytechnische school waren op het gebied van de scheikunde voortaan twee aan elkaar gewaagde concurrenten.<sup>2</sup>

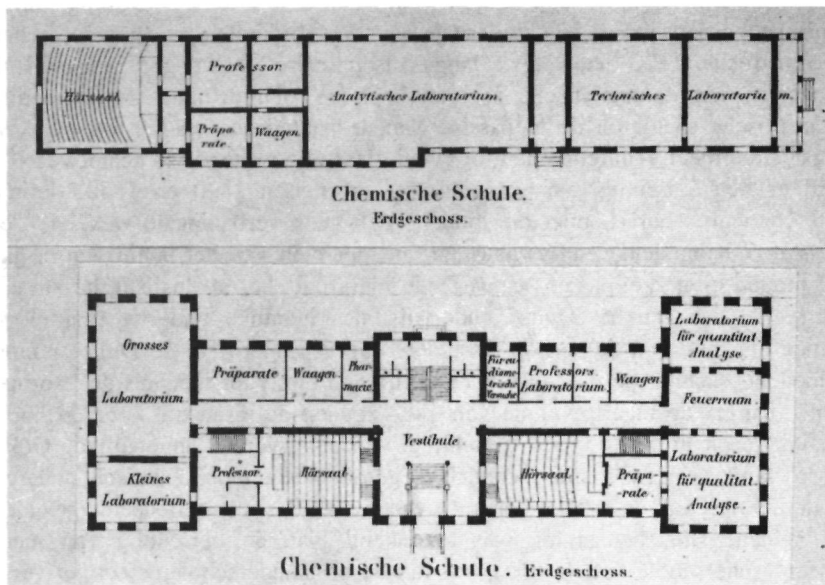
Dat beide typen onderwijsinstellingen op het terrein van de chemie elkaars concurrenten werden, had sterk te maken met veranderingen die zich tussen 1830 en 1850 op het terrein van de 'chemische beroepen' hadden voorgedaan. Zonder over het hoofd te zien dat aan verschillende universiteiten ook de technische scheikunde en aan sommige polytechnische scholen ook de farmacie werd gedoceerd, kan immers worden gesteld dat omstreeks 1830 beide typen instellingen zich op het gebied van de scheikunde op verschillende doelgroepen richtten. Het chemische onderwijs aan de universiteiten was primair voor artsen en apothekers bestemd, terwijl dat aan de polytechnische scholen op fabrikanten en 'chemische ambachtslieden' was gericht. Niet alleen deze taakverdeling werd nu doorbroken; een nieuw beroep nestelde zich tussen die twee betrekkelijk gescheiden sectoren van de maatschappelijke beroepenstructuur. Beide typen instellingen leidden voortaan analytisch geschoolde chemici op, die inzetbaar waren op alle terreinen van de farmaceutische en technische chemie.

Weltziens onderwijs was, volgens het schoolprogramma van 1851/52, vooral bestemd voor diegenen, 'die sich die Chemie speziell als Beruf gewählt' hadden.<sup>3</sup> Een subtiel, maar essentieel, verschil met de twintig jaar oudere formulering in het programma van het Berlijnse *Gewerbe-Institut*, die luidde dat het scheikunde-onderwijs bestemd was voor hen 'welche sich einem chemischen Gewerbe widmen'.<sup>4</sup> In de tussentijdse twintig jaar was de chemie kennelijk van een leervak voor een aantal 'chemische beroepen', zelf een nieuw beroep geworden.<sup>5</sup>

De voorwaarden voor het ontstaan van speciale beroepsopleidingen voor chemici en voor de benoeming van geschoolde chemici in functies buiten het leraarschap, waren in principe reeds omstreeks 1830 vervuld. De sociale en politieke veranderingen in de Duitse samenleving die hun uitdrukking vonden in de revolutionaire gebeurtenissen van 1830 en 1831 en de daarop volgende veranderingen in de structuur van het (technische) onderwijs, creëerden - begripmatig en feitelijk - een nieuwe sociale laag van fabrikanten en 'hogere technici', die zich onderscheidde van de traditionele ambachtelijke beroepen (hoofdstuk 7). De opkomst van de analytische chemie leidde eveneens tot een scheiding tussen de ambachtslieden en een groep geschoolde experts. De 'miniaturisering' van de chemische experimenteerkunst, die in speciale onderwijslaboratoria werd gedoceerd, versterkte het onderscheid tussen de industriële- en de laboratoriumpraktijk. Naast de in de praktijk geschoolde beoefenaren van 'chemische beroepen' ontstond een groep van in universitaire en farmaceutische onderwijslaboratoria geschoolde analytische chemici (hoofdstuk 8).

De reorganisaties binnen het polytechnische onderwijs en de start van het praktische onderricht in de analytische chemie leidden echter niet onmiddellijk tot





Afb. 33 en 34: De plattegronden van de chemische laboratoria van de polytechnische scholen in Karlsruhe (boven) en Zürich (onder). Het in 1850 door Heinrich Lang ontworpen laboratorium was na dat te Darmstadt het tweede Duitse polytechnische laboratorium dat in een afzonderlijk gebouw werd ongebracht. Naast het feit dat het ruim 60 meter lange gebouw twee grote laboratoria huisvestte - terwijl Liebig's lab in Giessen er slechts één telde - oefende vooral de doelmatige inrichting ervan invloed uit op de Duitse laboratoriumbouw (Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863)).

Afb. 35: Heinrich Lang ontwierp ook het in 1854-1855 voor R.W. Bunsen gebouwde chemische laboratorium van de universiteit te Heidelberg. Het gebouw was ongeveer even lang als dat in Karlsruhe maar telde meer kleine ruimten voor speciale doeleinden. Het in 1861 voltooide laboratorium te Zürich (boven) leek qua vorm op dat in Heidelberg maar had een andere inrichting (Lang, *Das chemische Laboratorium an der Universität in Heidelberg* (1858) - *Fotodienst TU Delft*).

het ontstaan van speciale opleidingen voor chemici en tot de vorming van een chemische beroepsgroep. Het onderwijs aan de fabrikanten en 'hogere technici' was omstreeks 1830 nauwelijks langs disciplinaire lijnen georganiseerd, het werkterrein van de analytische chemici beperkte zich primair tot de medisch-farmaceutische sector en de toepassing van de analytische chemie op industriële vraagstukken bleef gedurende tien tot twintig jaar nog grotendeels achterwege.<sup>6</sup>

Dat er tien à twintig jaar verstreek eer er, tussen 1840 en 1850, definitief aparte curricula voor chemici ontstonden hoeft geen verbazing te wekken. De in hoofdstuk 7 behandelde onderwijswetten en -decreten van het begin van de jaren 1830 mogen opmerkelijk zijn vanwege de hiërarchische en dualistische structuur die zij oplegden aan het Duitse onderwijs, de eigenlijke onderwijspraktijk was daarmee nog niet van de ene op de andere dag veranderd. In de Duitse politieke geschiedenis staat de periode tussen 1830 en 1848 niet voor niets als de 'Vormärz' bekend: pas na de maartrevolutie van 1848 zouden de eisen die door de liberale oppositie reeds in 1830 waren gesteld, grotendeels worden ingewilligd. Ook de invloed van de in de chemische analyse geschoolde en op chemisch onderzoek gerichte leraren van de tweede generatie (hoofdstuk 8), kon zich slechts geleidelijk doen gelden. Hun benoeming was afhankelijk van de oprichting van nieuwe polytechnische scholen of, in het geval van de bestaande scholen, van het vertrek of de pensionering van leden van het zittende lerarenkorps. Deze generatiewisseling nam de gehele periode tussen 1830 en 1850 in beslag en werd, zoals het voorbeeld van Walchner liet zien, uiteindelijk geforceerd afgesloten in het kielzog van de gebeurtenissen van 1848.

In het huidige hoofdstuk zal het geleidelijke ontstaan van welgeordende meerjarige curricula voor chemici aan de Duitse polytechnische scholen worden getraceerd. Het in vergelijking tot de universiteiten betrekkelijk schoolse karakter van het onderwijs aan de polytechnische instituten, maakt dat het ontstaan van aparte opleidingen voor chemici beter zichtbaar gemaakt kan worden aan de hand van de geschiedenis van het polytechnische scheikunde-onderwijs. De 'Lernfreiheit' aan de universiteiten stond de expliciete formulering van studieprogramma's in de weg. Wetenschapshistorici als Gustin, Hickel, Turner en Possehl die de universitaire ontwikkelingen bestudeerden, bleven vermoedelijk om die reden bijzonder vaag met betrekking tot de datering van de in dat verband belangrijkste ontwikkeling: de afsplitsing van het universitaire onderwijs in de chemie van dat in de farmacie.<sup>7</sup> Recent onderzoek van Kathryn Olesko, met name op het gebied van de fysica, levert aanknopingspunten voor een onderzoeksstrategie met betrekking tot het ontstaan van speciale curricula voor chemici aan de universiteiten.<sup>8</sup> Een diepgaande analyse van die ontwikkeling valt buiten het bestek van mijn studie, maar vanwege de in dit hoofdstuk nog te behandelen wisselwerking tussen het universitaire en het polytechnische chemische onderwijs is het van belang ook enige voorlopige bevindingen te vermelden met betrekking tot de geschiedenis van het universitaire onderwijs in de chemie.<sup>9</sup>

De 'indicatoren' die het meest geschikt zouden zijn om de institutionalisering van het onderscheid tussen de algemene en de farmaceutische chemie aan de universiteiten op te sporen, zijn de oprichting van afzonderlijke leerstoelen voor beide takken van de scheikunde en - vooral - de splitsing van het chemische practicum in aparte practica voor farmaceuten en chemiestudenten, of, verwant hiermee, voor 'beginners' en 'gevorderden'. Vooral dit laatste onderscheid en de gevolgen daarvan voor de professionalisering van de wetenschapsbeoefening, zijn door Olesko voor het voetlicht gebracht.

Op het gebied van de chemie vond de genoemde splitsing van het practicum, voor zover ik kon nagaan, het eerst plaats aan de universiteiten van Giessen (Liebig/Will: 1839/1843), Göttingen (Wöhler/ Wiggers: 1840/1842), München (Wittstein/Buchner: 1840), Leipzig (Erdmann/Kühn: 1842/1844) en Marburg (Bunsen/Zwenger: 1846).<sup>10</sup> In vrijwel al deze gevallen ging aan de splitsing van het reguliere practicum in twee onderdelen een situatie vooraf waarin het aan sommige studenten was toegestaan om na beëindiging van de praktisch-chemische cursus op individuele basis gebruik te maken van de laboratoriumvoorzieningen. Deze praktijk was ook aan andere scholen en universiteiten niet ongebruikelijk.<sup>11</sup> De motieven die bij de uiteindelijke institutionalisering van een aparte cursus voor 'gevorderden' een rol hebben gespeeld zijn, evenals de ontwikkelingen op verschillende hierboven niet genoemde universiteiten, nog niet systematisch onderzocht.

Bij gebrek aan goede voorstudies heb ik er voor gekozen om de interactie tussen de universiteiten en de polytechnische scholen op het gebied van de chemie vooral aan de hand van de activiteiten van Justus Liebig te beschrijven. Niet alleen is over Liebig en zijn laboratorium in Giessen onvergelijkbaar veel meer bekend dan over de andere hierboven genoemde gevallen, maar hij intervenueerde ook nadrukkelijk in de ontwikkeling van de polytechnische school.

Twee thema's staan in de volgende paragrafen centraal: de veranderingen in het scheikunde-curriculum aan de polytechnische scholen en de debatten die deze veranderingen begeleidden. Na een resumé van de situatie rond 1830, schets ik de steeds sterker wordende disciplinaire oriëntatie van het polytechnische scheikunde-onderwijs. Mijn stelling is dat dit proces het resultaat was van het ineengrijpen van twee geheel verschillende ontwikkelingen. De eerste daarvan had betrekking op de structuur van het polytechnisch onderwijs als geheel en op de arbeidsdeling tussen de verschillende 'hogere technische beroepen'. De dynamiek van dit veranderingsproces werd grotendeels door de opkomst van de spoorwegen, de gedeeltelijk daaraan gekoppelde machine-industrie en de overheidsactiviteiten op het gebied van de infrastructuur bepaald. De tweede stuwende kracht werd gevormd door ontwikkelingen binnen de chemie zelf. Deze stonden zowel in verband met de opkomst van de analytische scheikunde, als met veranderende opvattingen ten aanzien van de relatie tussen onderzoek en onderwijs. Het was op beide laatste terreinen dat de polemist Liebig zich zou weren.

## 9.1 Het polytechnische scheikunde-onderwijs omstreeks 1830

Uit mijn bespreking van het vroege polytechnische scheikunde-onderwijs in hoofdstuk 6 is gebleken dat het onderwijs aan de polytechnische scholen vóór 1830 niet op basis van wetenschappelijke disciplines was georganiseerd. De oriëntatie van de schoolleiding van de polytechnische scholen en van grote delen van het lerarenkorps was primair een technologische. Veel leraren speelden een prominente rol in lokale en nationale technologische en industriële genootschappen en waren betrokken bij de uitgave van tijdschriften op dit gebied. Het onderwijs zelf was gericht op de wetenschappelijke en technische scholing van ambachtslieden, fabrikanten en ingenieurs, waarbij de gebruikelijke indeling in bedrijfstakken en beroepen voorop stond. Iets wat men een 'studierichting chemie' zou kunnen noemen ontbrak. De scheiding tussen het hogere (poly)technische en het lagere technische onderwijs die in Duitsland aan het begin van de jaren 1830 tot stand kwam, bracht in deze situatie nauwelijks verandering.

Als resultaat van de veranderingen in het technische onderwijs bleven er van de vier oorspronkelijke typen polytechnische scholen slechts twee over.<sup>12</sup> Enerzijds was er het 'Pruisische type', dat - uiteraard enigszins schematisch - gekenmerkt werd door strak gestructureerd en verplicht klassikaal onderwijs en door het ontbreken van opleidingen voor hogere technische staatsbeambten. Anderzijds bleef het 'Weense type' over, dat juist wel een gecombineerd onderwijsaanbod voor nijverheidstechnici en staatsbeambten kende en dat voorts gekenmerkt werd door een grote mate van keuzevrijheid. Beide typen scholen kenden om verschillende redenen geen speciale studierichting op het gebied van de chemie.<sup>13</sup>

Op de scholen waar het onderwijs klassikaal gegeven werd (Berlijn, Augsburg, München, Neurenberg) stond de opvatting van 'de eenheid van alle technische wetenschappen' de vorming van gespecialiseerde onderwijsprogramma's in de weg. In het voetspoor van de ideeën van de oprichters van de Parijse *École centrale* waren de schooldirecteuren en de ambtenaren op de onderwijsdepartementen in Beieren en Pruisen ervan overtuigd dat de nijverheid gebaat was bij technici die kennis hadden van alle terreinen van de industriële techniek. Alle leerlingen dienden dan ook gedurende twee à drie jaar hetzelfde uniforme programma te volgen, dat voornamelijk bestond uit wiskunde, mechanica en machineleer, tekenen en chemie.<sup>14</sup> Hoogstens vond tijdens de praktische scholing in het laatste studiejaar een zekere mate van specialisatie plaats. De 'Mechaniker' gingen naar de mechanische werkplaats, de bouwtechnici naar de tekenkamer en degenen die zich op een 'chemisch beroep' voorbereidden naar het laboratorium. Deze vorm van specialisatie was echter geheel gekoppeld aan een ambachtelijke praktische training. Het idee om zowel praktisch als theoretisch gevormde werktuigkundigen, chemici en architecten op te leiden ontbrak.<sup>15</sup>

Aan de scholen van het 'Weense type' was het juist de vrije studiekeuze, die de vorming van samenhangende, op basis van disciplines georganiseerde program-

ma's in de weg stond. De aan die scholen gangbare 'Lernfreiheit' was om een opmerkelijke combinatie van academische en Verlichtingspedagogische motieven ingevoerd. Enerzijds streefden de scholen in Wenen, Praag, Karlsruhe en Brunswijk naar een met de universiteiten vergelijkbare status.<sup>16</sup> De 'Lernfreiheit' en het feit dat zij ook staatstechnici opleidden, benadrukten dat. Anderzijds verdedigden de schoolbesturen van die polytechnische scholen de vrije vakkenkeuze met een typisch achttiende eeuws motief: iedere leerling moest zelf zijn studieprogramma bepalen, omdat het onderwijs alleen op die wijze toegesneden kon worden op zijn toekomstige beroep. Nog in 1836 betoogde de leider van de technische afdeling van het *Collegium Carolinum* te Brunswijk, August Uhde, dat

[sich] bei der ungleichen Vorbildung, den verschiedenen Bedürfnissen, Wünschen und Fähigkeiten neu eintretender Schüler ... nicht wohl, auch nur einmal für Schüler desselben Fachs, ein allgemein gültiger Studienplan entwerfen [lässt]. Es ist deshalb den Studierenden die Wahl der... Lehrgegenstände ... freigestellt.<sup>17</sup>

Uit Hannover, waar naar Weens voorbeeld wèl de vrije vakkenkeuze maar niet de opleiding van staatsingenieurs was geïntroduceerd, waren vergelijkbare geluiden te vernemen.<sup>18</sup> Meer nog dan aan de scholen van het 'Pruisische type', die tenminste een algemene wetenschappelijk-technische grondslag wilden leggen voor de uitoefening van het latere beroep, was dan ook aan de scholen van het 'Weense type' de bestaande beroepenstructuur het uitgangspunt voor het onderwijs.

Ook de uit vijf 'Fachschulen' bestaande organisatiestructuur die Nebenius in 1832 in Karlsruhe introduceerde, was in feite niet veel meer dan het samenvoegen van vijf reeds bestaande schooltypen (voor ingenieurs, bouwkundigen, bosbouwers, kooplieden en fabrikanten) in één organisatorisch verband. Financiële overwegingen speelden daarbij een hoofdrol. Aparte 'Fachschulen' voor staats-technici - als bouwmeesters, ingenieurs, mijnbouwers en bosbouwkundigen - die bijvoorbeeld in Pruisen, Oostenrijk en Saksen waren opgericht, kon het kleine Baden zich niet permitteren. De vereniging van deze opleidingen binnen één instituut zorgde dat er aanzienlijk op de salariskosten kon worden bespaard.

De 'höhere Gewerbeschule' te Karlsruhe - de 'Fachschule' die speciaal voor toekomstige fabrikanten en 'hogere nijverheidstechnici' was bestemd - kende in 1832 geen onderverdeling in technische disciplines.<sup>19</sup> De afdeling had hetzelfde ongedifferentieerde vakkenaanbod op het gebied van de chemie, de mechanica, de werktuigbouwkunde, de mineralogie en enige andere wetenschappen zoals dat ook in bijvoorbeeld Wenen, Hannover en Brunswijk bestond. Pas toen de school in september 1847 op aandrang van de werktuigkundige Ferdinand Redtenbacher aparte 'Fachschulen' voor de chemische- en de mechanische techniek in het leven riep, begon de op de industrie gerichte opleiding in Karlsruhe zich werkelijk van de opleidingen aan de andere polytechnische scholen te onderscheiden.<sup>20</sup>

De gangbare techniekhistorische literatuur geeft op dit punt een verkeerde voorstelling van zaken. De roem die het Karlsruher 'Fachschule'-systeem na ongeveer 1850 in Duitsland genoot en de zogenaamde introductie ervan in 1832, worden daarin met elkaar verward. Pas nadat Redtenbacher in de loop van de

jaren 1840 Europese faam verwierf, kreeg ook de organisatie van het onderwijs in Karlsruhe een uitstraling die tot ver over de grenzen van Baden reikte. Dat wil niet zeggen dat de schoolstructuur in Karlsruhe niet vóór het midden van de jaren 1840 door de leraren en directies van de overige polytechnische scholen bestudeerd werd. Daar zijn zeker wel voorbeelden van.<sup>21</sup> Deze aandacht was echter niet uitzonderlijk, omdat *alle* polytechnische scholen elkaar goed in de gaten hielden. Pas na ongeveer 1847 nam Karlsruhe de toonaangevende positie in die daarvoor door Wenen was bekleed. De door Schnabel en zijn navolgers geponeerde stelling dat de school te Karlsruhe reeds kort na 1832 een voor de andere instituten 'noch für lange Zeit ..unerreichten Muster' vormde, dat de 'Vorbilder der Polytechnischen Schulen in Paris, Prag und Wien [übertraf]', bevat dan ook een anachronistische vertekening.<sup>22</sup> Aan Liebigs mededeling aan zijn uitgever Vieweg (1841) dat de polytechnische school te Darmstadt beter dan die te Karlsruhe was moge een zeker (Hessisch) lokaal-patriottisme niet vreemd zijn geweest, voor Friedrich Schödlers grondige onderzoek naar de situatie binnen het Duitse hogere technische onderwijs (1847) gold dit zeker niet. Het is opvallend dat hij uitvoerig over de verhouding tussen 'Fachschulen' (kunstacademies en mijnbouw-, bosbouw- en landbouwscholen) en 'Technische Hochschulen' schreef zonder ook maar één moment op het 'voorbeeldige' karakter van de Karlsruher polytechnische school te wijzen. Integendeel, verschillende onderdelen van de organisatie van het technische onderwijs in Baden werden door Schödler bekritiseerd.<sup>23</sup>

Niet alleen pedagogische opvattingen met betrekking tot de eenheid van de techniek of de waarde van keuzevrijheid in het onderwijs stonden een specialisatie naar studierichtingen in de weg, ook zeer praktische overwegingen speelden een rol. De Duitse polytechnische scholen waren in de eerste helft van de negentiende eeuw, de instituten in Praag en Wenen uitgezonderd, te klein om zich de organisatie van een aantal parallelle curricula te kunnen permitteren. De totale leerlingpopulatie bewoog zich, buiten de twee genoemde grote instituten, weliswaar tussen de 100 en de 400, maar een groot deel daarvan bestond uit de leerlingen van het voorbereidende jaar of van de soms met een school verbonden 'Realschule'.<sup>24</sup> De leerlingenaantallen in de hogere studie jaren lagen doorgaans beduidend lager. In Dresden bijvoorbeeld telde de hoogste klas gemiddeld slechts ongeveer 10 leerlingen per jaar (op een totaal van 170 leerlingen).<sup>25</sup> Zelfs in Karlsruhe, verreweg de grootste polytechnische school na Wenen en Praag, telde de - twee jaar durende - 'höhere Gewerbeschule' tot 1838/39 slechts 14 à 17 studenten. Na de komst van Redtenbacher ging dit aantal tussen 1840 en 1842 tijdelijk fors omhoog, om zich vervolgens op een aantal van jaarlijks 25 à 35 te stabiliseren.<sup>26</sup> Per studiejaar waren dat niet meer dan 13 à 18 studenten - een zeer smal draagvlak voor twee afzonderlijke 'Fachschulen' op het gebied van de mechanica en de chemie.

Dit verband tussen schoolomvang en de invoering van gespecialiseerde 'Fachschulen' werd door de tijdgenoten duidelijk onderkend. Nog in de herfst van 1848 wees het bestuur van de polytechnische school te Stuttgart de eis van studenten om

zulke afdelingen in te voeren af met het argument dat 'Württemberg daarvoor te klein was'.<sup>27</sup> De kleine omvang van de meeste polytechnische scholen stond niet alleen een gespecialiseerde organisatorische opbouw van de studieprogramma's in de weg, maar bemoeilijkte ook een disciplinaire specialisatie binnen het docentenkorps. Omstreeks 1830 beschikten in feite alleen de grote polytechnische instituten in Praag en Wenen over 'full-time' hoogleraren die zich volledig aan de chemie konden wijden. Ook in Leipzig en aan de Beierse polytechnische scholen waren er weliswaar professoren met een leeropdracht die exclusief tot de scheikunde was beperkt, maar deze doceertaak vervulden zij naast één of meer andere maatschappelijke functies.<sup>28</sup> H.A. Vogel in München bijvoorbeeld, combineerde zijn docentschap aan de polytechnische school met een professoraat aan de universiteit in München en met een betrekking als chemicus van de Beierse Academie van Wetenschappen (wat neerkwam op een baan als regeringsadviseur). O.L. Erdmann in Leipzig combineerde zijn betrekkingen aan de universiteit en de polytechnische avondschool ter stede met een directeursfunctie van één van de eerste Duitse spoorwegmaatschappijen. Ook andere polytechnische chemiedocenten waren actief op het gebied van de nijverheid. Th. Leykauf te Neurenberg en K.F.A. Moldenhauer te Darmstadt waren zowel eigenaars van chemische fabrieken als leraar aan de plaatselijke polytechnische school.<sup>29</sup>

Aan de polytechnische scholen buiten Oostenrijk en Beieren kwamen aan het begin van de jaren 1830 slechts gecombineerde leeropdrachten voor. Daarbij ging het vrijwel steeds om òf een gecombineerd docentschap in de chemie en de fysica (Berlijn, Brunswijk, Graz, Dresden (1832-1834), Stuttgart (na 1834)), òf om een samenvoeging van de chemie met de mineralogie (Karlsruhe, Kassel, Stuttgart (1832-1834), Darmstadt). Soms werden zelfs drie vakken gecombineerd (Dresden na 1834: chemie, technologie en fysica; Hannover: chemie, mineralogie en fysica). Nevenbetrekkingen, veroorzaakt door de met de nog lage status van het polytechnische onderwijs samenhangende lage salariering, zorgden voor een verdere versnippering van de aandacht.<sup>30</sup>

Het moge duidelijk zijn dat zich onder deze omstandigheden aparte curricula voor chemici aan de polytechnische scholen niet gemakkelijk konden ontwikkelen. Voor sommige scheikundeleraren was de chemie slechts bijzaak. Hun hart ging uit naar bijvoorbeeld de mineralogie (Walchner), de mechanische technologie (Karmarsch), de astronomie (Degen) of de meteorologie (Lösche). Anderen die wel een sterke betrokkenheid bij de chemische wetenschap hadden, konden door het grote aantal verschillende taken dat op hen af kwam vaak maar weinig tijd vrij maken voor de intensieve begeleiding van studenten, die met name bij het praktische laboratoriumonderwijs noodzakelijk was.

## 9.2 De eerste aanzetten tot het ontstaan van een chemische studierichting

In het ontstaan van aparte curricula voor chemici zijn verschillende fasen te onderscheiden, waarbij de aard van die fasen afhankelijk is van het type polytechnische school. Eindstadium was in alle gevallen een organisatiestructuur waarbij de polytechnische school in zogenaamde 'Fachschulen' was ingedeeld. Deze 'Fachschulen' kenmerkten zich door een zekere bestuurlijke zelfstandigheid, met een eigen hoogleeraar-directeur of lerarencollege aan het hoofd, en door het feit dat zowel de studenten als de docenten ertoe behoorden. In de laatste drie decennia van de negentiende eeuw, toen het systeem van 'Fachschulen' of 'Fachabteilungen' tot volle ontplooiing gekomen was, hadden de inmiddels in 'Technische Hochschulen' omgezette polytechnische scholen een organisatorische opbouw die in verschillende opzichten met de universitaire indeling in faculteiten te vergelijken was. Bijna alle 'Technische Hochschulen' beschikten toen over vier aparte afdelingen - voor civiele techniek, bouwkunde, werktuigbouwkunde en (technische) chemie - en over een algemene natuurwetenschappelijke en mathematische afdeling. Sommige scholen hadden bovendien nog afdelingen voor scheepsbouw (Berlijn), farmacie (Brunswijk), bosbouwkunde (Karlsruhe, Zürich), landbouwkunde (Brunswijk, Darmstadt) of voor mijnbouw en metallurgie (Aken).

In het betoog dat volgt wordt de term 'Fachschule' gebruikt in de betekenis die deze term omstreeks het midden van de negentiende eeuw aan de Duitse polytechnische scholen had. 'Fachschulen' waren toen, zoals boven aangeduid, studierichtingen die in bestuurlijk opzicht op faculteiten leken. De begripsgeschiedenis van de term 'Fachschule' en de daaraan verwante term 'Fachklasse' is betrekkelijk complex. Oorspronkelijk verwees de term 'Fachschule' naar zelfstandige (hogere) opleidingen zoals de mijnbouw- en bosbouwscholen en de Franse 'écoles spéciales'. Halverwege de negentiende eeuw werden er ook - de betekenis die hier gebruikt wordt - afdelingen van polytechnische scholen mee aangeduid. Omstreeks 1900 verwees de term evenwel nog slechts naar scholen op een middelbaar- en lager technisch niveau. De 'Technische Hochschulen' kozen toen voor de term 'Fachabteilung'.<sup>31</sup> De verwante term 'Fachklasse' was uit de filantropijnse pedagogiek afkomstig, waar het de groep leerlingen betekende die één bepaald vak volgde.<sup>32</sup> Sommige polytechnische scholen kenden een indeling in 'Fachklassen' (zie onder), waarbij deze 'Fachklassen' niet één leervak maar een combinatie van leervakken omvatten. Bij scholen met een 'Fachklassen'-stelsel waren alléén de leerlingen in zulke 'Fachklassen' ingedeeld. 'Fachschulen' waren daarentegen bestuurlijke eenheden - met variërende graden van zelfstandigheid - waarvan ook de docenten lid waren.

Aan de polytechnische scholen met uniform klassikaal onderwijs (Berlijn, Beieren, later ook Kassel) verliep de route richting 'Fachschulen' schematisch via een viertal fasen. In de eerste fase was er slechts één lesprogramma, dat door alle



studenten werd gevolgd. De tweede fase kenmerkte zich door een uniform basisprogramma gevolgd door een praktische specialisatie in het laatste studiejaar. In de derde ontwikkelingsfase waren er aparte secties of afdelingen voor de studenten in de werktuigkunde, de bouwkunde en de technische chemie, met verplichte curricula die zowel de praktische als de theoretische scholing omvatten. Pas in de vierde fase werd ook het (hoog)lerarenkorps in afdelingen gesplitst. In het geval van het Berlijnse *Gewerbe-Institut* duurde de eerste fase van 1821 tot 1826/29, de tweede fase van 1826/29 tot 1850, de derde vervolgens tot 1860, terwijl de vierde fase de periode vanaf 1860 besloeg.<sup>33</sup>

Vanuit het perspectief van de arbeidsmarkt en het proces van beroepsvorming was niet de uiteindelijke organisatorische consolidatie in de vorm van 'Fachschulen' de beslissende stap, maar de overgang van de tweede naar de derde fase. Die overgang betekende de cruciale verandering van een technisch onderwijsstelsel bestemd voor de traditionele ambachtelijke beroepen naar een stelsel waaraan een indeling in 'technische disciplines' ten grondslag lag. De creatie van samenhangende studieprogramma's op het gebied van de chemie waarin theoretische en praktische scholing gecombineerd werden droeg beslissend bij tot de sociale constructie van een voorheen nog vrijwel onbekende figuur: de technisch-chemicus.

De scholen met uniform klassikaal onderwijs ('Jahresklassen') liepen in deze ontwikkeling niet voorop. Dit had alles te maken met de strakke scheiding tussen de opleidingen voor staatstechnici en academici aan de ene en nijverheidstechnici aan de andere kant, die in de staten met polytechnische scholen van het 'Pruisische type' was doorgevoerd. Zoals ik in de volgende paragraaf zal laten zien, vormden de eisen die de Duitse overheden stelden aan de door hen aangestelde ingenieurs een belangrijke dynamische factor in de inhoudelijke en organisatorische ontwikkeling van het hogere technische onderwijs. In Pruisen en Beieren gingen deze ontwikkelingen evenwel voor een deel aan de polytechnische scholen voorbij. In het eerstgenoemde land gebeurde dat omdat er in de vorm van de *Bauakademie* reeds in 1799 een apart opleidingsinstituut voor staatsingenieurs was geschapen.<sup>34</sup> In Beieren hielden de moeizame afbakingsconflicten tussen de *Akademie der bildende Künste*, de Kameralistische faculteit van de universiteit te München ('Technische Hochschule') en de drie polytechnische scholen - die op hun beurt ook weer verschillende belangen hadden - de gemoederen gedurende jaren bezig.

Terwijl de Pruisische overheid, als gevolg van de gebeurtenissen van 1848, een uitgebreid hervormingsprogramma voor het gehele technische onderwijs krachtig ter hand nam en reeds in 1850 een disciplinaire differentiatie doorvoerde in het lesprogramma van het Berlijnse *Gewerbe-Institut*, hadden in Beieren regering en parlement bijna twintig jaar nodig om tot definitieve besluiten te komen. Vanaf 1850 tot het midden van de jaren 1860 verscheen het ene na het andere commissierapport. Pas in 1868 werd dit proces definitief afgesloten met een complete reorganisatie van de polytechnische school te München, die neerkwam op de oprichting van een nieuw instituut. Pas toen kwamen ook aan een Beierse poly-

technische school een 'chemisch-technische Abteilung' en een opleiding voor chemici van de grond: een directe overgang van de tweede naar de vierde fase.<sup>35</sup>

Voor het ontstaansproces van speciale curricula voor technische chemici zijn, voor de periode tot 1850, dan ook alleen de polytechnische scholen die in de Weense traditie stonden van belang. De grote mate van keuzevrijheid die in Wenen bestond maakte dat de organisatie van het onderwijs, of beter de afwezigheid daarvan, in zekere zin vergelijkbaar was met een 'reich besetzten Tafel, wo Jeder die ihm zusagende Speise sich aussucht'.<sup>36</sup> Dat deze gerichtheid op de concrete behoeften van iedere leerling afzonderlijk een blokkade vormde voor het ontstaan van curricula voor chemici en voor de vorming van een chemische beroepsgroep heb ik hierboven en in hoofdstuk 6 reeds uiteengezet.

Tussen 1830 en 1850 werd de keuzevrijheid van de leerlingen aan vrijwel alle Duitse polytechnische scholen van het 'Weense type' geleidelijk steeds sterker ingeperkt. Daarbij zou men voor de scholen van dit type ook vier fasen in die ontwikkeling kunnen onderscheiden: volledige keuzevrijheid (fase 1), het opstellen van 'adviesprogramma's' voor de verschillende beroepsrichtingen (fase 2), het min of meer bindend voorschrijven van die programma's (fase 3) en, tenslotte, de oprichting van aparte 'Fachschulen' (fase 4). Beide typen polytechnische scholen convergeerden zo uiteindelijk naar één model. Ook voor de scholen die in de Weense traditie stonden, vormde de overgang van de tweede naar de derde fase de stap die vanuit de optiek van het beroepsvormingsproces van de chemicus de beslissende was.<sup>37</sup>

In Wenen verliep de overgang tussen de eerste twee fasen geleidelijk en weinig expliciet. Nooit was de vrijheid om zelf het studieprogramma op te stellen aan het *polytechnische Institut* absoluut geweest. Hoewel in de per 31 augustus 1817 goedgekeurde officiële statuten niet gerept werd van enige beperking van de keuzevrijheid, voerde Prechtl in de praktijk een beleid waarbij hij iedere leerling, afhankelijk van diens toekomstplannen, advies gaf met betrekking tot de samenstelling van het te volgen vakkenpakket en de volgorde waarin de verschillende colleges het beste bezocht konden worden. Geleidelijk ontstond er zo informeel een aantal curricula voor de studenten van de verschillende beroepsrichtingen, waar de meeste van hen zich aan hielden.<sup>38</sup>

Ongetwijfeld bouwde Karl Karmarsch, een voormalige assistent van de Weense school, op zijn in Wenen opgedane ervaringen voort toen hij in 1830 de leiding van de *höhere Gewerbeschule* in Hannover op zich nam. Bij de opening van zijn school in 1831 publiceerde hij een brochure over doel en inrichting van de nieuwe instelling ten behoeve van de ouders van toekomstige leerlingen en andere belangstellenden. Hierin benadrukte hij de vrijheid van de leerlingen om, in overleg met de schooldirectie, zelf de te volgen vakken te kiezen, daar zowel vooropleiding als beoogd beroep van de leerlingen 'ungemein verschieden' waren. Tevens echter formuleerde hij een aantal 'adviesprogramma's' waarmee de meeste leerlingen het door hen gestelde doel zouden kunnen bereiken.

Ambachtslieden, die in de beginjaren nog toegang hadden tot de Hannoverse school, raadde hij een twee jaar durende 'allgemeine niedere technische Ausbildung' aan. Zij die een 'höhere Ausbildung im mechanisch-technischen Fache' ambieerden (bijvoorbeeld mechanische 'Künstler', Mechaniker en werkmeesters, managers en eigenaars van gemechaniseerde fabrieken en machinefabrieken), dienden een driejarig programma te volgen. Dit gold ook voor hen die een 'völlige Ausbildung im chemisch-technischen Fache' nastreefden (managers van chemische fabrieken, farmaceuten en metallurgen). Bouwkundigen adviseerde hij een vier jaar durende opleiding. Deze adviesprogramma's legden per week voor verschillende studiejaren slechts 10 à 20 lesuren vast, zodat er ruime mogelijkheden bleven bestaan ook de colleges van andere richtingen te volgen. Desondanks vond Karmarsch het nodig om aan het eind van zijn uitleg nogmaals te benadrukken dat zijn 'Ansätze keineswegs als unumstössliche Regel für alle Fälle' golden. Het contrast met het Pruisische klassikale technische onderwijs was groot.<sup>39</sup>

Het studieprogramma voor het 'chemisch-technische Fach' moet niet als een opleiding voor toekomstige chemici worden gezien. In de organisatorische opbouw van het onderwijs aan zijn 'hogere industrieschool' sloot de technoloog Karmarsch aan bij het werk van de laat-achttiende eeuwse kameralisten, zoals Jung-Stilling, die alle industriële beroepen en ambachten in 'chemische' en 'mechanische' hadden onderverdeeld.<sup>40</sup> Betrokkenen ervoeren deze wijze om de bestaande beroepen naar hun 'Hauptverschiedenheit' te groeperen, haast als een natuurlijke orde die als 'von selbst' tot stand kwam.<sup>41</sup> Bepaalde beroepen stonden als 'chemisch' bekend - Karmarsch noemde een hele waslijst (glasfabricage, leerlooierij, zeepziederij, azijnmakerij e.d.) - en om die beroepen op een 'rationele' wijze uit te oefenen was kennis van de chemie nu eenmaal een vereiste.<sup>42</sup>

Duidelijk blijkt de gerichtheid op de bestaande beroepenstructuur uit de bepalingen die in Hannover golden met betrekking tot het vak 'praktische chemie' - dat in het adviesprogramma voor de 'chemische richting' als enige studie-onderdeel, voor 10 uur per week, op het rooster van het derde studiejaar prijkte. Na een introductieperiode waarin oefening in de gebruikelijke chemische operaties, in de bereiding van preparaten en in enige eenvoudige kwalitatieve analyses verkregen werd, gingen de leerlingen namelijk tot 'solche Arbeiten über, welche für einen Jeden in Beziehung auf sein besonderes Fach von Wichtigkeit sind'.<sup>43</sup>

Ondanks deze aanvankelijk oriëntatie op de traditionele beroepen betekenden deze eerste opgestelde adviesprogramma's het begin van wat later zou uitgroeien tot disciplinair georiënteerd technisch onderwijs. Vakken werden op elkaar afgestemd, de volgorde van studie-onderdelen bepaald en examens ingesteld, hoe vrijblijvend en weinig radicaal de eerste aanzetten ook zijn mochten.<sup>44</sup> De in Hannover in 1831 geïntroduceerde opdeling in een mechanisch-, een chemisch- en een bouwkundig lesprogramma vormde het vertrekpunt voor alle latere discussies.

Vergelijkbare 'adviesprogramma's' stelde men in de loop van de jaren 1830 ook aan verschillende andere polytechnische scholen op. In Brunswijk gebeurde dit

direct bij de start van de 'technische afdeling' in 1835, in Dresden in datzelfde jaar, de school te Darmstadt volgde in 1836 en een reorganisatie van het onderwijsprogramma leverde in 1838 ook in Stuttgart de afkondiging van speciale studieschema's voor de 'mechanisch technische Berufsarten', de 'chemisch technische Berufsarten', de 'Lehrer für den technischen Unterricht' en de 'Kaufleute en Buchhändler' op.<sup>45</sup> In Dresden en Stuttgart ging de inperking van de daarvoor bestaande vrijheid van vakkenkeuze (fase 1) niet zonder discussies gepaard. Deze discussies geven een goed inzicht in de aard van de betrokken partijen en de door hen gekoesterde ideeën, en zo in dynamiek van het polytechnische onderwijs.

In Saksen nam de regering het initiatief tot een strakkere reglementering van het onderwijs aan de *technische Bildungsanstalt*. Vermoedelijk als onderdeel van de reorganisatie van het gehele Saksische technische onderwijs, verzocht de namens de regering voor de school verantwoordelijke *Landesdirection* in 1834 schooldirecteur W.G. Lohrmann (-1840) om het 'Klassenprinzip' in te voeren. Naast een bureaucratisch motief om de inrichting van de school te Dresden en die van de in oprichting zijnde (lagere) scholen in Chemnitz, Plauen en Zittau op een uniforme wijze te regelen, speelden daarbij mogelijk politieke motieven een rol. Na het *Hambacher Fest* en de *Frankfurter Wachensturm* van 1832 en 1833 poogden alle Duitse staten het vrije studentenleven waar men maar kon aan banden te leggen.<sup>46</sup>

Lohrmann en een deel van het docentenkorps verzetten zich tegen de plannen van de regering. Onder verwijzing naar het grote succes van de Weense polytechnische school en zich verdedigend met het typisch Verlichtingspedagogische motief om het onderwijs zoveel mogelijk aan de individuele wensen van iedere leerling aan te passen, kwam Lohrmann krachtig op voor het handhaven van de 'Lernfreiheit'. Hij ging ervan uit dat bloei en aanzien van de school vooral afgemeten zouden worden aan het aantal leerlingen. De invoering van klassikaal onderwijs en het aanscherpen van de toelatingseisen (een ander onderdeel van het regeringsvoornemen) stonden dan ook op gespannen voet met Lohrmanns wens zoveel mogelijk leerlingen aan te trekken. Waar de regering, analoog aan de Pruisische aanpak, koos voor een verhoging van het wetenschappelijk niveau, een verzwaring van het studieprogramma en zo voor de vorming van een technisch-industriële elite, hield de vanaf de oprichting in 1828 in functie zijnde Lohrmann nog vast aan de oorspronkelijke doelstelling - de verbreiding van wetenschappelijke kennis onder zo breed mogelijke lagen van de bevolking. Het nieuwe beleid dat na de Julirevolutie ook aan het Saksische onderwijs ten grondslag lag, verzwakte zijn positie echter zeer.

Uitkomst van deze botsing van standpunten was een compromis dat ertoe leidde dat er tussen 1835 en 1838 op papier studieprogramma's voor de 'mathematisch-mechanische' en de 'chemisch-technische' richting binnen de 'obere Abteilung' werden ingevoerd, zonder dat het onderwijs reeds het door de regering gewenste schoolse karakter kreeg. In de jaren die volgden evolueerden onderwijspraktijk en -programmering zich steeds meer in de richting die door de Saksische overheid

werd voorgestaan. Niet in de laatste plaats doordat er ook binnen het docentenkorps een fractie actief was die onder aanvoering van de wiskundige en machine-technicus J.A. Schubert (1808-1870) een strakkere mathematische en wetenschappelijke aanpak van het onderwijs bepleitte.<sup>47</sup> Na de dood van Lohrmann bezegelde in 1842 de benoeming van een wetenschappelijk georiënteerde directeur - de fysicus L.F.W.A. Seebeck (1805-1849) - de overwinning van deze combine van de regering met een deel van het lerarenkorps.<sup>48</sup>

In Württemberg stonden de schooldirectie en de overheid op een vergelijkbare wijze tegenover elkaar. Startpunt van langdurige discussies was in januari 1836 een eis van de 'Schulrat' - waarin naast de regering ook de industrie vertegenwoordigd was - aan schooldirecteur F. Fischer (1784-1860) om naar het voorbeeld van andere Duitse polytechnische scholen voor alle beroepsrichtingen verplichte 'Lehrpläne' op te stellen.<sup>49</sup> Dit plan stuitte bij Fischer en zijn leraren op verzet. Hun argumenten waren gedeeltelijk dezelfde als die welke in Dresden naar voren waren gebracht: de verschillen in vooropleiding en toekomstplannen tussen de leerlingen zouden te groot zijn, het gevaar dreigde dat het leerlingenaantal sterk zou teruglopen en het aantal leraren was te klein om zich de luxe van het aanbieden van verschillende parallelle studieprogramma's te kunnen permitteren. Doordat met name de 'buitengewone studenten', de toehoorders, bij een strakkere structurering van het lesprogramma zouden wegblijven, zou de school sterk aan 'Gemeinnützigkeit' inboeten vreesde Fischer.<sup>50</sup>

Ook hier kwam uiteindelijk een compromis uit de bus. Onderwijsprogramma's werden weliswaar vastgesteld voor een viertal 'Berufsklassen' (zie boven) - waaronder die van de chemisch-technische beroepen, waartoe de 'Berg- und Hüttenleute, Pharmaceuten [und die] grössere und kleinere Fabrikanten' geacht werden te behoren - maar deze legden slechts een grove structurering van de leerstof vast, waarbinnen afhankelijk van het beroep nog verschillende nadere keuzes mogelijk waren. De meer gedetailleerde 'Studienpläne' die binnen deze kaders voor een groot aantal verschillende beroepen werden opgesteld, hadden het karakter van 'adviesprogramma's'.<sup>51</sup> Dat de breuk met de traditionele beroepsstructuur zich daarbij nog niet had voltrokken blijkt bovendien uit de bepalingen die golden met betrekking tot het analytisch-chemische practicum. Net als in Hannover werd bij de training in met name de kwantitatieve analyse 'auf den zukünftigen Beruf der Einzelnen Rücksicht genommen'.<sup>52</sup>

De specialisering binnen het onderwijsprogramma die omstreeks 1840 op vrijwel alle Duitse polytechnische scholen van de grond begon te komen stond, zo blijkt uit de hierboven gegeven voorbeelden, nog ver af van een facultaire structuur op basis van technische disciplines. Ook de afgrenzing tussen het lagere en het hogere technische onderwijs en de afbakening tussen de taken van de polytechnische school en de universiteit was in 1840 voornamelijk in wetten en nota's vastgelegd, maar in de praktijk nog nergens volledig gerealiseerd. Dat de leraren de belangrijkste motor vormden van de specialisatie- en verwetenschappelijkingsprocessen binnen het hogere technische onderwijs, zoals in de literatuur

vaak wordt beweerd, is maar gedeeltelijk waar.<sup>53</sup> Uit de in Dresden en Stuttgart gevoerde discussies blijkt dat grote delen van de docentenstaf zich, zeker toen er nog vele docenten van de 'eerste generatie' aanwezig waren, bijzonder inspanden om vooral de leerlingenaantallen op hun scholen op peil te houden. Financiële motieven, zowel in verband met de te innen schoolgelden als met betrekking tot de bezuinigingsgevaaren die voortdurend dreigden vanuit het parlement, speelden daarbij vermoedelijk een belangrijke rol.<sup>54</sup>

De beslissende stappen in de richting van een meer wetenschappelijke en disciplinaire oriëntatie van het polytechnische onderwijs waren uiteindelijk het resultaat van een samenwerking tussen een groep liberale ambtenaren op de Duitse ministeries en een deel van het docentenkorps. Het waren vooral de docenten wiskunde, mechanica, machinetechniek en weg- en waterbouwkunde die tot deze voorhoede behoorden. Dat juist zij het waren die in die positie terecht kwamen hing ten nauwste samen met het industrialisatiebeleid van de Duitse overheden en, vooral, met de opkomst van de spoorwegen in het vierde decennium van de negentiende eeuw.

### 9.3 De spoorwegaanleg: een locomotief voor de professionalisering van de hogere technische beroepen

Tussen 1840 en 1850 creëerden verschillende Duitse polytechnische scholen voor het eerst gespecialiseerde theoretische en praktische opleidingen voor chemici en 'Mechaniker'. De adviesprogramma's voor de verschillende 'beroepsklassen' die de meeste polytechnische scholen omstreeks 1840 hadden opgesteld (fase 2), ondergingen enige inhoudelijke wijzigingen en, wat belangrijker is, kregen een bindend karakter voor verschillende groepen van hogere technici. Sindsdien vormde niet meer het specieke toekomstige beroep de basis voor het te volgen programma, maar werd een, gedeeltelijk op de cognitieve structuur van het betreffende vakgebied gebaseerde, zorgvuldig gekozen opeenvolging van in elkaar grijpende studie-onderdelen het uitgangspunt (de derde fase, zoals besproken in de voorafgaande paragraaf). De toelatingseisen tot de polytechnische scholen werden verder opgeschroefd en getuigschriften en 'Maturitäts'-examens rondten voortaan een voltooide opleiding af.

Lundgreen heeft in verschillende synthetische studies de geschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs samengevat en betoogd dat de beslissende impuls tot de bovengenoemde fundamentele veranderingen in het hogere onderwijs aan 'nijverheidstechnici' uit de staatssector kwam.<sup>55</sup> Het was de organisatie en cultuur van de staatsbureaucratie met haar eisen ten aanzien van een gymnasiale, universitaire of mathematische vooropleiding en haar splitsing in rangen en dienstvakken die, zo is zijn redenering, een dwingende inhoud en structuur

oplegde aan de opleidingen voor staatstechnici. Deze opleidingen voor staatstechnici en de bevoegdheden en status van degenen die zulke opleidingen hadden voltooid, stonden vervolgens model voor de vertegenwoordigers van andere groepen technici:

Für die Lehrer in den Fächern der mechanisch- und chemisch-technischen Klassen stellte die Tradition der frühzeitig mathematisierten Bauingenieurwissenschaften ein Paradigma dar, dessen Attraktivität für die übrigen Ingenieurwissenschaften unwiderstehlich war.<sup>56</sup>

De staatstechnici vormden de 'soziale Leitfigur' - of het 'occupational role model' - voor de industriële technici in hun strijd om maatschappelijke erkenning.

Lundgreens aanname dat de verschillende technische beroepsgroepen naar statusverhoging, erkenning en macht zouden streven is voor beroepen die nog midden in hun ontstaanproces verkeren, problematisch omdat er dan nog nauwelijks gesproken kan worden van een beroeps- en groepsidentiteit.<sup>57</sup> Desondanks heeft zijn 'model' de verdienste dat het een groot aantal verschillende ontwikkelingen en toestanden in één verklaringskader samenvat. De geschiedenis van de hogere technische beroepen in Frankrijk, Duitsland (m.n. Pruisen), Engeland en de Verenigde Staten, die in al die landen anders verliep, kon Lundgreen bijvoorbeeld interpreteren vanuit de verschillen in de organisatie van de staatsbureaucratie en in de verhouding tussen staat, nijverheid en onderwijs in die landen.<sup>58</sup> Ook de volgorde waarin ten behoeve van de verschillende hogere technische beroepen aparte opleidingsinstituten en beroepsorganisaties werden opgericht, hing nauw samen met het belang van deze beroepen voor de technische dienstvakken binnen het overheidsapparaat. Militaire technici en mijn- en bosbouwkundigen kregen reeds in de achttiende eeuw hun eigen scholen. De weg- en waterbouwkundigen volgden in de eerste decennia van de negentiende eeuw.<sup>59</sup>

De toenemende mathematisering en de versterkte disciplinaire opsplitsing van het hogere technische onderwijs in het vijfde decennium van de negentiende eeuw hingen volgens Lundgreen eveneens samen met activiteiten van de zijde van de staat. De rol van de Duitse overheden bij de aanleg van gebouwen, spoorwegen, straten en bruggen, maakte dat nieuwe eisen met betrekking tot de vakbekwaamheid van de ingenieurs - denk aan de stoomtechniek, de bouw van gietijzeren bruggen en dergelijke - direct in exameneisen voor de technische staatsdienst werden vertaald. Deze eisen oefenden niet alleen een rechtstreekse invloed uit op het polytechnische onderwijs aan bouwkundigen en civiele ingenieurs, maar werkten in verschillende gevallen ook door in de inhoud van de curricula voor de andere hogere technische beroepen. Ze gaven daarmee een beslissende impuls aan de vanaf 1840 plaatsvindende reorganisaties binnen het polytechnische onderwijs, die tot een niveauverhoging van het onderwijs als geheel en tot de afkondiging van verplichte, naar technische disciplines uitgesplitste lesprogramma's leidden.<sup>60</sup>

Lundgreen benadert deze 'Angleichung der Ausbildung von Gewerbetechikern an die Standards der Ausbildung von technischen Beamten' overigens teveel als een proces dat zich op het niveau van beroepsgemeenschappen zou afspelen. Zijn analysekader waarin de bovengenoemde concepten 'occupational role model' en

'soziale Leitfigur' figureren, legt daar getuigenis van af.<sup>61</sup> Te weinig aandacht krijgen daardoor de institutioneel vastgelegde koppelingen tussen de verschillende technische beroepen, die veroorzaakt werden door de curriculum- en examenstructuur van de afzonderlijke polytechnische scholen. Veranderingen in de lesprogramma's voor staatstechnici brachten veelal ook wijzingen in de andere lesprogramma's met zich mee, of oefenden in een meer algemene zin invloed uit op de organisatiestructuur van de school, op de toelatingseisen en op de trapsgewijze ordening van de leerstof. Juist door oog te hebben voor deze institutionele koppelingen wordt het begrijpelijk waarom de ontstaansprocessen van de diverse technische disciplines in de verschillende Duitse staten, die immers verschillende typen polytechnische scholen kenden, niet gelijktijdig plaatsvonden.

De polytechnische scholen in een aantal middelgrote Duitse staten (Baden, Hannover, Württemberg) liepen voorop bij de reorganisatie van het onderwijs volgens disciplinaire lijnen. Op die polytechnische scholen was er een directe interactie mogelijk tussen de veranderingen in de onderwijsprogramma's voor staatstechnici en het onderwijsaanbod voor de technici voor de nijverheid. Weliswaar leidde men ook in Wenen en Praag de staatsingenieurs, de 'chemici' en de 'mechanici' aan één en dezelfde instelling op, maar de 'eigenthümlichen Verhältnisse' in de Habsburgse landen, waar de hoge adel op grote schaal fabrieken had opgericht die door technisch geschoolde managers geleid werden, zorgden ervoor dat het onderwijs aan nijverheidstechnici een zwaar stempel op het karakter van die polytechnische scholen drukte.<sup>62</sup> In Pruisen, Hessen en, in een mindere mate, Beieren werden de staatstechnici en de 'nijverheidstechnici' aan verschillende instellingen opgeleid, zodat daar een directe invloed van de opleidingen voor ingenieurs en bouwkundigen op die van de chemici en de 'Mechaniker' ontbrak.

Deze wederzijdse beïnvloeding van de onderwijsprogramma's voor de verschillende 'beroepsrichtingen', of technische disciplines, is, zoals ik hieronder zal laten zien, een factor geweest die er toe bijdroeg dat uit de adviesprogramma's voor 'chemische beroepen' speciale verplichte curricula voor chemici ontstonden. Het ontstaansproces van aparte curricula voor technische chemici, gevolgd door de oprichting van speciale 'Fachschulen' voor de technische chemie, vormde een onderdeel van de organisatorische ontwikkeling van de Duitse polytechnische scholen als geheel. Het is daarom onjuist om, zoals helaas zo vaak gebeurt, het ontstaan van speciale studieprogramma's voor chemici alleen met ontwikkelingen binnen de chemie en met de strevingen en activiteiten van de chemiedocenten in verband te brengen. In verschillende gevallen was het ontstaan van een specialisatie op scheikundig gebied een 'bijproduct' van impulsen die uit andere richtingen kwamen: de mechanisering van de industriële productie en de rol van de staat op het gebied van de infrastructuur, vooral bij de aanleg van spoorwegen.

Een van de vroegste voorbeelden van de invloed van een niet-chemisch vakgebied op het onderwijs in de chemie levert de geschiedenis van het *Gewerbe-Institut* in Berlijn. Pruisen had deze school met name opgericht om op het terrein van de



machinebouw en de mechanische techniek de 'Engelse uitdaging' het hoofd te bieden. Anders dan bij de overige te behandelen polytechnische scholen het geval was, werd institutionele dynamiek van de Berlijnse school dan ook niet door de curricula voor staatsbeambten, maar vooral door het veranderende lesprogramma voor de 'Mechaniker' bepaald.

De in 1821 in Berlijn gekozen aanpak, met een tweejarig uniform programma, kwam onvoldoende tegemoet aan de eisen die door de beroepspraktijk op het gebied van de werktuigkunde werden gesteld. In 1826 constateerde schooldirecteur Beuth dat de 'hogere' opleiding van 'Mechaniker' te kort schoot. Alleen voor hen werd de opleiding toen verlengd met een praktische scholing in de mechanische werkplaats gedurende een half jaar ('Suprema').<sup>63</sup> Deze breuk met de aanvankelijke encyclopedische opzet schiep een precedent voor de introductie van praktische 'kopstudies' op andere terreinen. Tussen 1826 en 1832 - vermoedelijk in 1829 naar aanleiding van het bezoek dat chemie- en fysicadocent Schubarth aan de Parijse *École centrale* had gebracht - richtte de Berlijnse school ook een praktische laboratoriumopleiding voor de chemische takken van nijverheid in.<sup>64</sup> De school te Berlijn werd daarmee de eerste polytechnische school waar een zekere specialisatie naar vakrichtingen werd doorgevoerd. Tot 1850 beperkte deze specialisatie zich evenwel louter tot het practicum.

De machinebouw en de mechanische techniek kregen vanaf het midden van de jaren 1830 belangrijke impulsen door de aanleg van de spoorwegen. De eerste Duitse spoorlijn waarop een stoomtrein reed werd op 7 december 1835 tussen Neurenberg en Fürth geopend. Na dit lokale Beierse initiatief kwamen ook in andere Duitse staten spoorwegverbindingen tot stand. In Saksen en Oostenrijk werden de eerste trajecten in 1837 geopend. Brunswijk en Pruisen volgden het jaar daarop. Tussen 1840 en 1850 nam de spoorwegaanleg een grote vlucht. De totale lengte van de aangelegde spoorwegen in Duitsland en Oostenrijk bedroeg 1490 km in 1844, 2240 km in juni 1845, 4210 km in januari 1847 en meer dan 5850 km in 1850 in Duitsland alleen. Met uitzondering van Pruisen en Saksen, waar de spoorwegen grotendeels door particuliere maatschappijen aangelegd en geëxploiteerd werden, speelden de Duitse overheden bij de bouw van dit spoorwegnet een grote rol.<sup>65</sup>

De investeringen in de spoorwegen hadden een grote invloed op de Duitse economische groei en op het karakter van de nijverheid. De spoorwegaanleg was een - zo niet dé - 'leading sector' in de 'take-off' van het Duitse industrialisatieproces. De vraag naar onder andere rails, locomotieven, wagons en stationsgebouwen betekende een directe stimulans voor de ijzerindustrie, de machinebouw, de metallurgie, de steenkoolwinning en verschillende sectoren van de bouwnijverheid. Ook het bankwezen en, door de resulterende verlaging van de transportkosten, vrijwel de gehele overige handel en industrie werden door de aanleg van de spoorwegen ingrijpend beïnvloed.<sup>66</sup>

De polytechnische scholen waren op duizend en één manieren betrokken bij het ontwerp, de bouw en de exploitatie van het spoorwegnet. Johannes Scharrer, de

directeur van de Neurenbergse polytechnische school, was de drijvende kracht achter de aanleg van de eerste spoorlijn tussen Neurenberg en Fürth. De Brunswijkse hoogleraar technologie en mechanica J.B. Schneider (1809-1882), een voormalige leerling van de Weense polytechnische school, werd naast zijn docentenbaan in 1837 benoemd tot technisch directeur van de Brunswijkse staatsspoorwegen. Zijn Dresdense collega J.A. Schubert ontwierp en bouwde in 1838 ten behoeve van het spoortraject Leipzig-Dresden de eerste Duitse stoomlocomotief. Andere hoogleraren in de werktuigbouwkunde en de mechanische technologie waren eveneens intensief bij de aanleg van de spoorwegen betrokken. Zij vormden een kleine groep van spoorwegpioniers en locomotiefontwerpers, alle geboren rond 1810, die elkaar goed kenden. C.M. Rühlmann (1811-1896) die vanaf 1840 in Hannover doceerde, had daarvoor in Dresden bij Schubert gestudeerd. F. Redtenbacher (1809-1863), vanaf 1841 hoogleraar aan de Karlsruher polytechnische school, was net als Schneider een leerling geweest van het Weense instituut.<sup>67</sup>

De invloed van de 'polytechnische' spoorwegpioniers reikte veel verder dan de betrokkenheid bij de spoorwegbouw als lid van regeringscommissies en spoorwegdirecties. In hun hoedanigheid van docent zorgden zij er immers voor dat de spoorwegen over goed opgeleid technisch personeel konden beschikken. In hun hoedanigheid van onderzoeker waren zij het die oplossingen voorstelden voor de vele nieuwe technische problemen die de start van het spoorwegtijdperk met zich meebracht: langere bruggen, strengere eisen op geodetisch en landmeetkundig gebied, nieuwe eisen aan de gebruikte metalen (nauwkeuriger maatvoering, hogere belastingsgraad) en hogere drukken en hogere zuigersnelheden in de stoomtechniek.<sup>68</sup> Gevonden oplossingen en nieuwe benaderingswijzen werden door deze eerste spoorwegtechnici vrijwel onmiddellijk in het onderwijs geïntroduceerd.

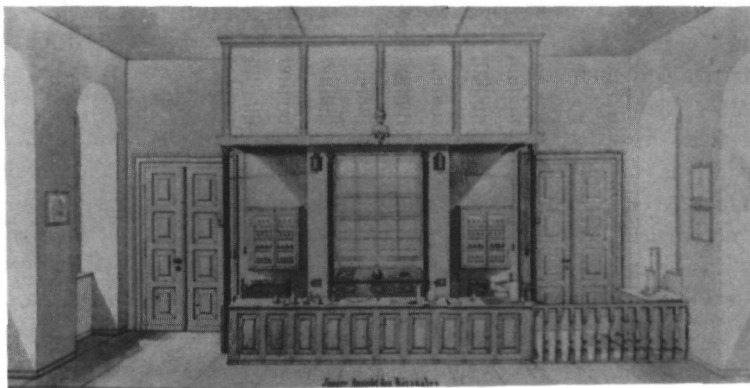
Ferdinand Redtenbacher bijvoorbeeld, was er vast van overtuigd dat alleen door een grondiger mathematische aanpak, in het voetspoor van de Franse mechanische school (Carnot, Ampère, Coriolis, Poncelet), de nieuwe opgaven waarvoor hij zich gesteld zag konden worden opgelost.<sup>69</sup> Direct na zijn benoeming in Karlsruhe, voerde hij een aantal grondige wijzigingen in het werktuigkundige en mechanische lesprogramma van de 'höhere Gewerbeschule' door. Wiskundige voorkennis werd voortaan voor de door Redtenbacher en C.H.A. Kayser (hoogleraar mechanica) gegeven vakken verplicht gesteld. In de jaren die volgden legde Redtenbacher zijn inzichten met betrekking tot de noodzakelijke nauwe samenwerking tussen de (mathematische) theorie en de (werktuigkundige en economische) praktijk in een groot aantal leerboeken neer. Zijn aanpak betekende een breuk met de daarvoor gangbare descriptieve en aanschouwelijke benadering van de Weense school: een wiskundige behandeling en praktisch teken- en werkplaatsonderricht (hierin verloochende Redtenbacher zijn *alma mater* zeker niet) gingen voortaan hand in hand. Een nieuwe generatie werktuigkundigen, zowel binnen als buiten Karlsruhe, werd opgeleid op basis van de door Redtenbacher geschreven theoretische en praktische werken, zoals de *Prinzipien der Mechanik und des Maschi-*

nenbaues (1852) en de *Gesetzen des Lokomotivbaues* (1855), respectievelijk de *Resultate für den Maschinenbau* (1848) en *Der Maschinenbau* (1862-65).<sup>70</sup>

De door Redtenbacher doorgevoerde veranderingen in het onderwijs aan de Karlsruher polytechnische school hadden gevolgen voor het onderwijs in de chemie. Met het verplicht stellen van bepaald onderwijs in de wiskunde voor toekomstige machine-technici doorbrak hij de tot dan toe geldende praktijk waarin - betrekkelijk lage - uniforme eisen aan alle studenten van de 'höhere Gewerbeschule' werden gesteld.<sup>71</sup> Voortaan kende deze gecombineerde chemisch-mechanische afdeling *de facto* twee groepen studenten: zij die wel ('mechanici') en zij die niet ('chemici') aan Redtenbachers eisen op het gebied van de wiskunde hadden voldaan. In september 1847, zes jaar na zijn benoeming, lukte het Redtenbacher eindelijk om een zelfstandige werktuigkundige studierichting, de 'mechanisch-technische Schule' in het leven te roepen, die van de onder Walchners leiding staande 'höhere Gewerbeschule' werd afgesplitst. Uit binnen- en buitenland stroomden de studenten naar Karlsruhe om daar de mechanische techniek te leren. Binnen tien jaar steeg het aantal studenten van Redtenbachers afdeling van ongeveer 40 (tussen 1847 en 1850) tot meer dan 200 per jaar (1858-1860).<sup>72</sup>

Noodzakelijk ontstond bij de opsplitsing van de 'höhere Gewerbeschule' ook een afzonderlijke afdeling voor technische chemie - de eerste aan een Duitse polytechnische school - omdat het vanaf 1832 functionerende 'Fachschule'-systeem het karakter van de organisatorische mogelijkheden bepaalde. Dat de 'chemisch-technische Schule' vooral door ontwikkelingen buiten de chemie in het leven geroepen werd - en zo haast een 'Fachschule' was 'tegen wil en dank' - bewijzen de ingrijpende reorganisaties die de schoolleiding in 1850 nodig achtte. Pas met de bouw van het nieuwe laboratorium en de benoeming van Karl Weltzien tot hoogleraar-directeur was het ontstaansproces van de technisch-chemische studierichting afgerond.

In samenhang met de aanleg van het spoorwegnet en de door Redtenbacher geïntroduceerde wijzingen in de didactiek van het werktuigkundige onderricht, voerden ook verschillende andere Duitse polytechnische scholen veranderingen door in de curricula voor de weg- en waterbouwkundigen en de 'mechanici'. In Dresden was het vooral aan Schubert te danken dat de Saksische regering in 1838 besloot om de spoorwegaanleg te stimuleren en in samenhang daarmee de *Technische Bildungsanstalt* te voorzien van een nieuwe leerstoel weg- en waterbouwkunde.<sup>73</sup> Gedurende de acht jaar die daarop volgden kwam er binnen de 'obere Abteilung' een steeds scherpere scheiding tussen de 'mathematisch-mechanische' en de 'chemisch-technische' richting tot stand, zodat er bij het betrekken van de grootse nieuwbouw van de school (1846) - met een voortreffelijk chemisch laboratorium - in feite een apart curriculum voor 'technische chemici' bestond. De formalisering van deze situatie volgde evenwel pas na de reorganisaties van 1850 en 1851, toen de school tot *Polytechnische Schule* verheven werd en drie afzonderlijke 'secties' voor werktuigbouwkunde, bouwkunde en chemie werden



**Afb. 36 en 37:** In 1854 onderging het chemische laboratorium te Hannover een forse uitbreiding door de aanbouw van een analytisch-chemisch laboratorium en een collegezaal (vgl. afb. 25). De onderste afbeelding toont de demonstratietafel en de zuurkast voorin de nieuwe collegezaal (nr. 1 op de plattegrond). Drie jaar later werd in de persoon van Karl Kraut de eerste assistent voor het analytisch-chemische onderricht aangesteld (Karmarsch, *Die polytechnische Schule* (1856) - Fotodienst TU Delft).

opgericht (fase 3). Tussen 1846 en 1851 bleef het in theorie nog mogelijk om tegelijk het programma van de 'mathematisch-mechanische' en dat van de 'chemische' richting te volgen.<sup>74</sup>

Ook de reorganisatie van de polytechnische school te Stuttgart in 1845 was vooral het gevolg van ontwikkelingen op het gebied van de bouwkunde en de mechanische techniek. De beslissende impuls tot de toen ingevoerde veranderingen in de lesprogramma's en in de schoolstructuur was afkomstig van de eerste Württembergse spoorwegwet uit 1843 en de daarmee samenhangende invoering van de 'Staatsprüfungen im Baufach'. Daarnaast speelden vooral de activiteiten van de docent fysica en mechanica Eduard Reusch (1812-1891) een rol. Vanaf 1839 pleitte hij onophoudelijk voor de splitsing van zijn beide leeropdrachten en, vanaf 1842, voor de invoering van een afzonderlijk curriculum op het gebied van de werktuigkunde volgens de beginselen die door Redtenbacher waren geformuleerd. Reusch bezocht de school te Karlsruhe verschillende malen, om van de door Redtenbacher ingevoerde didactische vernieuwingen kennis te nemen. Bij de reorganisaties van 1845 - die in 1847 formeel werden ingevoerd - werden de toelatingseisen voor de Stuttgarterse polytechnische school verhoogd, de tot dan toe bestaande cursus voor ambachtslieden in het bouwvak van de school afgesplitst en het (advies)programma voor de 'mechanisch-technische Berufsarten' gesplitst in drie aparte curricula voor 'Architecten', 'Ingenieure' en 'Mechaniker'. De regering benoemde een leerling van Redtenbacher op de nieuw ingestelde leerstoel werktuigbouwkunde.<sup>75</sup>

De invoering van deze nieuwe leerplannen voor architecten, civiele ingenieurs en werktuigkundigen, die in samenhang met de staatsexamens een veel minder vrijblijvend karakter hadden, had aanvankelijk geen directe invloed op het adviesprogramma voor de chemisch-technische beroepen. Alleen het programma van de eerste klas werd nu voor alle leerlingen verplicht. Indirecte effecten op het chemische onderwijs konden echter niet uitblijven. Zien we af van het effect dat uitging van de strengere toelatingscriteria, dan was het vooral het principe van de disciplinaire specialisatie dat voor een drietal hogere technische beroepsrichtingen was ingevoerd, dat uiteindelijk ook de positie van de chemische vakken zou beïnvloeden. Vanaf het midden van de jaren 1840 treffen we de eerste studenten in de inschrijvingsregisters aan die zich expliciet als 'Chemiker' lieten inschrijven. Omstreeks 1850 maakten zij weliswaar nog maar een achtste deel van de studenten in de 'chemisch-technische Berufsarten' uit, de geleidelijk overgang van de 'chemische beroepen' naar het 'beroep chemicus' was echter op gang gekomen.<sup>76</sup>

De *Höhere Gewerbeschule* in Hannover maakte tussen 1845 en 1847 een aantal vergelijkbare veranderingen door, bezegeld met een naamswijziging. Vanaf 1847 was de school voortaan een *Polytechnische Schule*.<sup>77</sup> Ook hier was het de invoering van staatsexamens voor spoorweg- (1845) en waterbouwkundige ingenieurs (1847), die de directe aanleiding vormde tot de reorganisatie van de

Hannoverse school. Manegold, en vooral Scholl hebben de invloed van de opkomst van de spoorwegen op het curriculum van de polytechnische school in Hannover uitgebreid bestudeerd, zodat ik er hier mee kan volstaan naar hun publicaties te verwijzen.<sup>78</sup> Mij interesseren vooral de gevolgen die de invoering van de nieuwe 'Studienpläne' voor 'Geometer' (3 jaar), 'Maschinenbauer' (4 jaar), architecten ('Zivil-Baufach', 5 jaar) en 'Eisenbahn-Ingenieure' (6 jaar) - en de daarmee verbonden veranderingen in de schoolcultuur en -structuur - had voor de studie in de chemisch-technische vakken.

Deze gevolgen waren in Hannover minder groot dan in Karlsruhe en Brunswijk (zie onder), omdat schooldirecteur Karmarsch zo veel mogelijk poogde vast te houden aan zijn uit Wenen overgenomen beginsel van de vrije vakkenkeuze, maar afwezig waren die effecten niet.<sup>79</sup> Vooral de invoering van de staatsexamens bracht een belangrijke wijziging met zich mee in het denken over het onderwijs aan de school. Terwijl er vóór ongeveer 1846, ondanks de adviesprogramma's, vooral in termen van de afzonderlijke vakken (colleges e.d.) werd gedacht - hetgeen ondermeer blijkt uit het feit dat veel leerlingen slechts enkele vakken volgden en er voor de *afzonderlijke* colleges een examen*plicht* bestond - veranderde dit na die tijd in een denken dat betrekking had op de curricula als geheel.<sup>80</sup> Beslissend was de vervanging van de examen*plicht* voor afzonderlijke studie-onderdelen in 1848, door een stelsel waarin de toelating tot verschillende studie-onderdelen van een succesvol afgesloten examen in *andere* vakken afhankelijk werd gesteld. Om het vak 'Maschinenlehre' te volgen bijvoorbeeld, moest eerst examen in de toegepaste wiskunde, de hogere wiskunde en in meetkundig tekenen worden gedaan. De toegang van deze drie vakken was op hun beurt afhankelijk van een succesvol examen in de elementaire wiskunde. Om aan het vak 'praktische Chemie' te mogen deelnemen, was voortaan het behalen van het examen in de theoretische chemie verplicht.<sup>81</sup> Voor een 'horizontaal' vakkenaanbod, waarbij net als in Wenen 'Jeder die ihm zusagende Speise' kon uitzoeken en voor alle afzonderlijk een getuigenschrift kon krijgen, kwamen zo - hoe bescheiden aanvankelijk ook - hiërarchisch geordende curricula in de plaats. De adviesprogramma's verloren hun vrijblijvende karakter, ook op het terrein van de chemie. Hoewel reeds in de jaren 1830 enkele studenten zich als 'Chemiker' inschreven, is het toch opmerkelijk te constateren dat voor het eerst in 1848 de term 'praktische Chemiker' opdook in een officiële aankondiging van de school. In 1844 vormden nog de 'Vorsteher von chemischen Fabriken, Pharmazeuten, Hüttenmänner u.s.w.' de speciale doelgroep van het adviesprogramma voor de chemisch-technische richting. In de formulering uit 1848 waren de 'praktische Chemiker' voor de fabrieksleiders in de plaatsgekomen.<sup>82</sup> Tussen 1853 en 1857 werd de overgang naar een speciale studierichting voor chemici in Hannover geleidelijk voltooid. De invoering van het vak technische chemie (1853), het afstoten door de chemiedocent Heeren van het onderwijs in de fysica en de mineralogie (1853), de bouw van een groot (analytisch-) chemisch laboratorium (1854) en de aanstelling van een speciale assistent voor het onderwijs in de analytische chemie (1857), waren de gebeurtenissen die daarvan getuigenis afleggen.<sup>83</sup>

In diezelfde tijd voerde ook het *Collegium Carolinum* te Brunswijk een speciaal curriculum voor technische chemici in. Dit vond zijn oorzaak in ontwikkelingen buiten de chemie. Steeds vaker kozen na 1850 studenten werktuigbouwkunde en civiele techniek niet voor Brunswijk maar voor Karlsruhe en Hannover. Om deze trend te keren maakte de directeur van de technische afdeling August Uhde in 1853 een studiereis naar enkele andere polytechnische scholen. Het jaar daarop voerde hij, naar het voorbeeld van Karlsruhe, verschillende nieuwe colleges in de bouwkunde en de machinebouw in en bracht hij de dringende wens naar voren de tot dan toe gekoesterde 'academische' vrijheid op te geven, vanwege de hoge eisen die elders aan die twee vakken werden gesteld. In februari 1855 viel het besluit om voor een zevental beroepsrichtingen, waaronder de chemische techniek, 'Normalstudienpläne' vast te stellen, waaraan de studenten zich voortaan moesten houden.<sup>84</sup>

Op basis van de hierboven geschetste ontwikkelingen kunnen er drie belangrijke conclusies getrokken worden. In de eerste plaats is het zonder meer duidelijk dat de jaren 1840 een cruciale periode vormden in de geschiedenis van het hogere technische onderwijs en in het beroepsvormingsproces van verschillende hogere technische beroepen. Dit laatste gold met name voor de architecten, de civiele ingenieurs en de werktuigkundigen. Het aandeel van de wiskundige vakken in de opleidingen voor die beroepen nam in het genoemde decennium sterk toe. Vaste curricula werden opgesteld en exameneisen geformuleerd. Zo verdiepte en verbreedde zich de kloof tussen de in de praktijk opgeleide beroepsbeoefenaren en hen die aan de polytechnische scholen waren opgeleid, tussen 'shop culture' en 'school culture'. Het voorlopige hoogtepunt van dit professionaliseringsproces van de drie genoemde beroepsgroepen was de oprichting van een aparte beroepsorganisatie in 1856: de *Verein deutscher Ingenieure*. Het uiteengroeien van de verschillende beroepssegmenten was daarmee overigens allerm minst afgesloten.<sup>85</sup>

In twee fasen - eerst in de jaren 1830 door de invoering van de adviesprogramma's, vervolgens tussen 1845 en 1850 door de invoering van de hiërarchisch opgebouwde, verplichte curricula - vond er een complete omwenteling plaats in de filosofie die aan het polytechnische onderwijs ten grondslag lag. Een primair op de behoeften van individuen gerichte verzameling scholen - te karakteriseren door uitdrukkingen als 'populair-wetenschappelijk' en 'een welvoorzien dis' - verdween. Ervoor in de plaats kwam een onderwijsstelsel dat, ideaaltypisch gesproken, geen geschoolde individuen afleverde maar onderling uitwisselbare representanten van enige duidelijk van elkaar te onderscheiden hogere technische beroepsgroepen. In de historische literatuur wordt dit proces doorgaans als een specialisatie- en differentiatieproces binnen het hogere technische onderwijs getypeerd. Met evenveel recht kan men het echter zien als een proces waarin de diversiteit juist afnam. Beide waren twee kanten van dezelfde medaille.

Niet zelden wordt dit specialisatie-/ontindividualiseringsproces toegeschreven aan een met een autonoom proces van 'verwetenschappelijking' samenhangende 'Eigendynamik' van het polytechnische onderwijs.<sup>86</sup> De enige verdienste van

deze versluierende typering is mijns inziens, dat er goed door onder woorden wordt gebracht dat er géén eenvoudige, monocausale, 'vraagfactoren' vanuit de arbeidsmarkt zijn aan te wijzen die dit proces veroorzaakt hebben. De 'aanbodszijde' (dat wil zeggen het schoolsysteem) speelde een minstens zo belangrijke rol. De drijvende krachten achter de transformatie van het polytechnische onderwijs, zo blijkt uit het voorafgaande, dienen vooral daar gezocht te worden waar staatsbureaucratie en delen van het lerarenkorps samenwerkten. Dit is mijn tweede conclusie.

Niet de gehele 'vraagkant' legde evenveel gewicht in de schaal. Lundgreen heeft gelijk als hij stelt dat de vraag vanuit de nijverheid te diffuus was om duidelijk genormeerde kwalificatie-eisen te kunnen articuleren. De staatssector speelde daarom een voortrekkersrol.<sup>87</sup> Evenmin was de gehele 'aanbodskant' even belangrijk. Vooral die leraren die een belangrijker inbreng van de wiskunde en een meer 'deductieve' en reductionistische structurering van de leerstof wensten, gaven de toon aan bij deze overgang van het individu-gerichte naar het discipline-gerichte onderwijs. Zij behoorden allen tot de 'tweede docentengeneratie' die niet stond in de Verlichtingspedagogische traditie, maar die zich richtte op de emancipatie van de hogere technici en op hun gelijkstelling met het 'Bildungsbürgertum'. Een grondige wetenschappelijke en mathematische scholing was in die strijd een wapen. Niet de concrete wensen en behoeften van de fabriekseigenaren mochten bepalend wezen voor de leerstof die aan een 'hogere technicus' moest worden voorgezet. Om zijn leidende maatschappelijke rol te kunnen vervullen, diende de hogere technicus een brede algemene vorming te paren aan een grondige wetenschappelijke scholing op zijn vakterrein. Voor de ambachtsman echter was een wetenschappelijke scholing 'ebenso verkehrt als unnütz' - geen groter contrast met de Verlichtingspedagogiek is denkbaar.<sup>88</sup>

De derde conclusie die getrokken kan worden is dat de chemie als dynamische factor in de transformatie van het polytechnische onderwijs - Wenen uitgezonderd (zie §9.6) - vóór 1848 slechts een ondergeschikte rol speelde. De opvattingen van de scheikunde docenten van de 'tweede generatie' verschilden niet veel van die van hun mathematische, bouwkundige en werktuigkundige collega's, maar de relevantie van de chemie voor de technische staatsdiensten ontbrak. Toen Friedrich Schödler, die zelf bij Liebig in Giessen chemie gestudeerd had, in 1847 midden in het veranderingsproces van het hogere technische onderwijs de balans opmaakte en zijn visionaire brochure schreef over de koersrichting die zou worden ingeslagen, vervulde de chemie nog een bijrol. De wenselijkheid van een speciale 'Fachschule' voor de chemie bracht Schödler niet naar voren en minder vaak dan enkele andere beroepen (architecten, ingenieurs, bosbouwers, e.d.) noemde hij de 'chemische Techniker' als een voorbeeld van een 'hogere technicus'.<sup>89</sup> Het ontstaan van meer gestructureerde opleidingen op technisch-chemisch gebied onder invloed van de veranderingen in de schoolstructuur als geheel, betekende slechts het voorspel - hoe noodzakelijk ook - tot het ontstaan van aparte opleidingen voor chemici. In alle hierboven behandelde gevallen volgden immers in de jaren 1850 nog enkele zeer belangrijke veranderingen in de



organisatie en inhoud van het onderwijs in de chemie. Daarbij vervulde, zoals ik hieronder zal aangeven, de analytische chemie dezelfde rol die de wiskunde in het geval van de werktuigbouwkunde en de civiele techniek had gespeeld.

## 9.4 Het onderwijs in de analytische chemie vóór ongeveer 1845 en de taakopvatting van de chemiedocenten

De opkomst van het onderwijs in de analytische chemie in Duitsland hing, zoals ik in het vorige hoofdstuk heb laten zien, vooral samen met de problematiek rond de controle van genees- en voedingsmiddelen. Op dit terrein hadden de polytechnische scholen doorgaans geen duidelijke taak. Toch ontbrak het onderwijs in de analytische scheikunde ook in de jaren 1830 aan deze scholen niet. Een nadere beschouwing leert dat het daarbij niet ging om het opleiden van gespecialiseerde 'analytische chemici' maar om cursorisch onderwijs dat zich geheel afspeelde binnen de context van de traditionele beroepsstructuur.

Praktisch onderwijs in de chemische analyse kwam vooral voor aan die polytechnische scholen waar ook opleidingen voor mijnbouwkundigen of farmaceuten waren ondergebracht: in Karlsruhe en Kassel (mijnbouw), Stuttgart en Brunswijk (mijnbouw en farmacie). In Karlsruhe gaf de docent chemie en mineralogie F.A. Walchner, die een leerling van Stromeyer was, in ieder geval omstreeks 1830 reeds een scholing in de chemische analyse.<sup>90</sup> A.F.E. Degen in Stuttgart, die bij de Berzelius-leerling C.G. Gmelin had gestudeerd, oefende zijn leerlingen, volgens het door hem geschreven leerplan van 1835, in verschillende 'analytische und dokimastische Arbeiten'. Zijn opvolger H. Fehling zette deze onderwijstraditie vanaf 1839 voort.<sup>91</sup> In Brunswijk werd door de docent chemie en fysica - en Stromeyer-leerling - K.M. Marx reeds vóór de reorganisatie van het *Collegium Carolinum* tot, gedeeltelijk, een polytechnische school (1835) jaarlijks aan 10 tot 15 farmacie-, bosbouw-, mijnbouw- en metallurgie studenten een 'praktische Anleitung zu chemischen Analysen, sowohl qualitativen als quantitativen' gegeven. Na 1835 was het de farmaceut F.J. Otto, docent in de technische en farmaceutische chemie, die deze cursus gaf.<sup>92</sup>

Brunswijk uitgezonderd, ging het daarbij niet om een aparte cursus in de chemische analyse, maar om een onderdeel van het technisch-chemische onderwijs.<sup>93</sup> In Wenen en Praag, bijvoorbeeld, was het onderwijs in de analyse - in de vorm van een training in industriële testmethoden - een onderdeel van de cursus in de speciale technische chemie. De Weense docenten in dit vak, Meissner en Joss, publiceerden beiden leerboeken over de 'Aräometrie', een methode om dichtheden te bepalen die een brede toepasbaarheid had in de chemische techniek: van de brandewijnstokerij tot de zwavelzuurbereiding. Een algemene onderzoeksmethode leverde de aräometrie echter niet omdat de 'vochtmeter' gecalibreerd diende te zijn voor specifieke toepassingen en het gebruik ervan

afhankelijk was van de beschikbaarheid van vooraf opgestelde tabellen.<sup>94</sup> Joss en de docent technische chemie in Praag K.J.N. Balling, publiceerden bovendien over specifieke bepalingsmethoden die van belang waren in de bierbrouwerij.<sup>95</sup>

In Dresden voerde de schoolleiding 'analytische Arbeiten' in 1832 direct in bij de start van het practicum. Een uitbreiding volgde in 1836. De leerlingen moesten toen monsters analyseren die door de Saksische nijverheid werden aangeleverd ('Prüfungen von aussen'), 'damit die Zöglinge mit dem bekant [gemacht werden] was das gewerbliche Leben von der Chemie als Wissenschaft verlangt'.<sup>96</sup> Ook aan het *Gewerbe-Institut* in Berlijn doceerde men de analyse van handelsprodukten. Liebig liet zich in 1840 laatdunkend over dit onderwijs in de 'Analyse von Gegenstände des Handels und der Gewerbe' uit en noemde het 'Beschäftigungen, bei denen Urtheil und Denkvermögen sehr wenig in Anspruch genommen werden, .. ausreichend, um Tagelöhner und Maschinen zu bilden'. Hoewel het maar om het oordeel van één chemicus gaat, lijkt deze uitspraak te sporen met de in § 8.6 getrokken conclusie dat in die tijd de vooraanstaande analytische chemici de aan de polytechnische scholen gedoeerde industriële analyse beoordeelden als zijnde duidelijk verschillend van de wetenschappelijke analytische chemie. Bij het onderwijs in de industriële analyse ging het louter om het aanleren van 'Handgriffen und Fertigkeiten' die routinematig binnen een van de bestaande chemische bedrijfstakken konden worden toegepast en niet om het leren onderzoeken en oplossen van een willekeurig praktisch-chemisch probleem, dat de fabrikant op zijn weg zou kunnen tegenkomen.<sup>97</sup>

De in het vorige hoofdstuk behandelde kloof tussen de branche-specifieke industriële analyse en de wetenschappelijke chemische analyse die een algemene methodiek voor de analyse van willekeurige stoffen bood, correspondeerde met de institutionele splitsing tussen de farmaceutisch-chemische instituten en de universiteiten aan de ene, en de polytechnische scholen aan de andere kant. De eerstgenoemde instituten kenden in de jaren 1830 aparte cursussen in de analytische chemie, terwijl op de polytechnische scholen dit onderwijs geïntegreerd was in het onderwijs in de technische chemie.<sup>98</sup>

De polytechnische scholen, zo is in het voorgaande gebleken, stelden zich - op chemisch gebied - de vorming van technisch-chemisch geschoold kader voor bepaalde beroepstakken en bedrijven ten doel. Het onderwijs in de chemische analyse was in overeenstemming hiermee op de specifieke behoeften van metallurgen, zwavelzuurfabrikanten, bierbrouwers, azijnbereiders en dergelijke gericht. De analytische chemie doceerde men aan deze scholen niet aan de hand van de leerboeken van Pfaff of Rose, maar met behulp van handleidingen als die van Meissner, Joss en Balling of op grond van bepaalde hoofdstukken uit leerboeken over de technische- of toegepaste chemie.<sup>99</sup> Ook op het niveau van de leerboeken blijkt zodoende de scheiding tussen de academische analytische chemie en de industriële analyse.

Verschillende scheikunde-docenten van de eerste generatie stonden volledig achter deze beperkte taakstelling van het 'polytechnische' analytisch-chemische onderwijs. Zij zagen zichzelf in de eerste plaats als docent en niet als chemisch

onderzoeker. De door sommigen naar voren gebrachte eis hun leerlingen een meer uitgebreide scholing in de chemische analyse te geven wezen zij af. Heel duidelijk komt deze taakopvatting uit de geschriften van Meissner naar voren. Als zijn belangrijkste taak zag hij niet het verrichten van experimenteel laboratorium-onderzoek, maar het ontwerpen van een 'System' (d.w.z. een leerboek), om

das confusum chaos von Daten, ... zu sichten, zu ordnen; damit die ganze Wissenschaft endlich dem gesunden Menschenverstande zugänglich werde, und am Leitfaden der Logik sicherer aufgefasst und ihrem Wesen nach begriffen und geprüft werden könne.<sup>100</sup>

Deze bijdrage aan de vooruitgang van de wetenschap was voor de 'geleerde' Meissner belangrijker dan de jacht op nieuwe effecten en ontdekkingen in het laboratorium. Het gedrag van chemici als Liebig achtte hij op morele gronden verwerpelijk, omdat zij er louter op uit zouden zijn om beroemd te worden:

vielen Andern hielten sich selbst für den Zweck, die Wissenschaft nur für das Mittel. [.....] Tritt insbesondere der Zufall ein, dass man ... eine noch nicht bekannte organische Substanz auffindet; so wird man vollends ein Entdecker! eine Notabilität! eine Celebrität! eine Autorität! man weiss nicht wie. - [...] Man will nun auch Reformator der Wissenschaft werden, versteht sich wohl in solcher Art, dass die neue Entdeckung und mit derselben auch das liebe Ich in's Centrum gestellt werde, und um diesen Mittelpunkt herum die ganze Wissenschaft sich im Kreise bewege. Dabei hat man aber ... nicht erkannt, dass der gefundene Schatz einem sehr untergeordneten Zweiglein des grossen Ganzen angehört, und eben darum zum Centrum der Wissenschaft nichts taugt.<sup>101</sup>

Het ethos van de moderne experimentele wetenschapsbeoefening, waarbij volgens de wetenschapssociologen het openbaar maken van ontdekkingen 'geruild' wordt tegen erkenning, werd door Meissner bepaald niet gedeeld. Verschillende andere geleerde docenten, zowel op de polytechnische scholen als op de universiteit, dachten er net zo over.<sup>102</sup> De waarde van de experimentele laboratoriumwetenschap die gedurende de eerste helft van de negentiende eeuw opkwam, was omstreeks 1840 binnen het Duitse universitaire en polytechnische onderwijs zeker niet onweersproken.

Mede op morele gronden verwierp Meissner ook de invoering van het onderwijs in de 'wetenschappelijke' chemische analyse aan zijn school. Voor zijn leerlingen zou dit vak niet alleen veel te moeilijk zijn, omdat het volgens Meissner een volledige bekendheid met 'allen Theilen der theoretische Wissenschaft' veronderstelde, maar het zou hen ook aan de verderfelijke invloed van het ethos van de nieuwe experimentele wetenschapsbeoefening bloot stellen:

Wohl ist es mir bekannt, dass es Lehranstalten gibt, wo man den Elementarunterricht und die Analyse im ersten Jahre schon auf die Hörner nimmt, auch wohl, wenn der Schüler eine volle Börse hat dafür sorgt, dass er seinem Namen bald darauf gedruckt in der Reihe der Analytiker liest. An solch' heillosem Beginnen möchte ich jedoch - auch abgesehen von dem Umstände, dass diess nicht in der Instruktion meines Lehrfaches liegt - um keinen Preis irdeng einen Antheil haben: denn auf diesem Wege wahrloste und auf die Rutschbahn verlockte Schüler lernen sodann nichts mehr; sie verlegen sich sogleich nur auf die Jagd

nach Knalleffecten. Arroganz und auf Nichts basirter Dünkel bemächtigen sich ihres Gemüthes um so leichter und um so vollständiger, je weniger sie ihre Armuth an Kenntnisse einzusehen fähig sind.<sup>103</sup>

De denkbeelden van de hervormers van het polytechnische onderwijs uit het begin van de jaren 1830 betekenden nog geen breuk met dit gedachtengoed.<sup>104</sup> Nebenius, bijvoorbeeld, stelde nadrukkelijk dat de 'Anbau von Wissenschaften, die in der Produktion eine nützliche Anwendung finden, und die Erziehung von Gelehrten, die sie anbauen und lehren', aan de universiteiten overgelaten moest worden. De polytechnische scholen dienden zich te concentreren op de verbreiding van de wetenschap en op de 'toepassing' van wetenschappelijke kennis.<sup>105</sup>

Geheel andere opvattingen over de inhoud van het onderwijs en de taken van de docent hielden de jonge chemici die na 1830 als leraar werden aangesteld erop na.<sup>106</sup> Zij waren het die, als de pleitbezorgers van een streng-wetenschappelijke aanpak, op het gebied van de chemie dezelfde rol vervulden als de 'spoorwegpioniers' op het terrein van de werktuigbouwkunde en de civiele techniek. Een beroemde representant van de docenten van de 'tweede generatie' was Friedrich Wöhler (1800-1882), die voor zijn aanstelling in 1832 aan de *Höhere Gewerbeschule* te Kassel enige jaren docent geweest was in Berlijn. Reeds in zijn Berlijnse tijd eiste hij in een brief aan een lid van het schoolbestuur voldoende vrije tijd 'für meine eigene Studien und Untersuchungen' en bovendien minimaal vier weken vakantie per jaar:

Ich wünsche diese nicht allein der Erholung wegen, sondern vorzüglich um diese Zeit zu wissenschaftlichen Reise benutzen zu können. Die Natur dieser Wissenschaften und ihr jetzigen Stand bringen es mit sich, dass Jeder, der sie betreibt, von Zeit zu Zeit auswärts umsehen muss, wenn er vorwärts schreiten, neue Thatsachen und Ideen sammeln und nicht zum blossen Stubengelehrten herabsinken will, was gerade für diese Wissenschaften die unglücklichste Wendung von der Welt ist.<sup>107</sup>

Dat iemand als Meissner in de ogen van Wöhler tot de klasse der kamergeleerden behoorde, hoeft geen betoog. Ook na zijn vertrek naar Kassel bleef Wöhler zijn onderzoekersidealen trouw. In april 1834 schreef hij zijn vroegere leermeester Berzelius:

Ich muss ja täglich die betrübte Betrachtung anstellen, dass ich durch eigene Arbeiten für die Wissenschaft jetzt so gut wie nichts thue. Ich habe wöchentlich 14 Stunden Lectionen, bestehend in Chemie, Mineralogie, Geognosie, technischer Chemie und Leitung der Arbeiten im Laboratorium, und bin mein eigner Präparator, muss mich ausserdem für die technische Chemie und Geognosie besonders präparieren, da ich erstere seit mehreren Jahren nicht, und letztere noch gar nicht gelehrt habe.<sup>108</sup>

Desondanks verrichte Wöhler gedurende de vier jaar dat hij in Kassel was verschillende chemische onderzoeken. Sommige daarvan lagen op het terrein van de technische chemie, hetgeen op grond van zijn aanstelling te verwachten

was (hij richtte met anderen een nikkelfabriek op), maar andere betekenden een - soms zelfs belangrijke - bijdrage tot de anorganische en de organische chemie.<sup>109</sup> Buiten het reguliere onderwijs om liet hij verschillende studenten in zijn laboratorium werken. Sommigen van hen - zoals James Curtis Booth (1810-1888) die in 1833 bij Wöhler werkte en daarna de polytechnische school te Wenen bezocht - kwamen zelfs uit Amerika<sup>110</sup>; een duidelijke aanwijzing voor Wöhlers internationale reputatie. In 1836 werd Wöhler - als opvolger van Stromeyer in Göttingen - op de meest prestigieuze chemische leerstoel in Duitsland benoemd.

Ook Wöhlers opvolger in Kassel - Robert Bunsen (1811-1899), die bij Stromeyer en in Parijs had gestudeerd - was een echte onderzoekschemicus.<sup>111</sup> Bunsen had in Kassel vermoedelijk meer tijd om chemisch onderzoek te doen dan Wöhler, aangezien - voor zover valt na te gaan op grond van biografische gegevens - bij Bunsens komst de mineralogie en geognosie afgesplitst werden van het docentschap in de chemie en chemische technologie.<sup>112</sup> Bunsen zette zijn in Göttingen gestarte onderzoek naar arseenvergiftigingen voort en publiceerde in 1837 een tweetal artikelen over organische arseenverbindingen die groot opzien baarden in de chemische wereld.<sup>113</sup> Bunsens naam als experimenteel chemicus was gevestigd.

Dit voorbeeld van de *Höhere Gewerbeschule* in Kassel laat zien dat er in de jaren 1830 aan sommige Duitse polytechnische scholen een ander intellectueel klimaat ging heersen dan in de eerste decennia van de eeuw. Niet alleen trad een nieuwe generatie chemici aan die een andere invulling gaf aan het leraarschap, maar ook de institutionele verhoudingen veranderden. De opsplitsing van de leeropdracht chemie en mineralogie is er een teken van dat ook op het gebied van de chemie een begin met de disciplinaire specialisatie werd gemaakt. Dit wil natuurlijk niet zeggen dat de Kasselse school het roer geheel omgooide richting de zuivere disciplinaire wetenschap. Naast zijn theoretisch gerichte organisch-chemische onderzoek verrichte Bunsen ook onderzoek met een toegepast karakter. Adviseurswerk voor de overheid bleef ook in Kassel een gebruikelijk onderdeel van de taak van een leraar chemie en technologie. In opdracht van de keurvorstelijke *Oberbergdirektion* deed Bunsen in zijn Kasseler periode verschillende proeven die de winning van ijzer en koper uit hun ertsen betroffen.<sup>114</sup> Ook als we naar de andere Duitse polytechnische scholen kijken moeten we constateren dat de toename van de disciplinaire specialisatie op het terrein van de chemie omstreeks 1840 nog maar heel bescheiden was. Naast Kassel ontstond vóór 1845 alleen aan de scholen te Brunswijk (1835), Stuttgart (1839), Dresden (1842) en Graz (1843) uit een gecombineerde leeropdracht een zelfstandige leeropdracht op het gebied van de scheikunde.<sup>115</sup>

In Stuttgart ging het initiatief tot de verzelfstandiging van het onderwijs in de chemie van de docent chemie en fysica Degen uit. Zijn klachten over de omvang van zijn onderwijstaken vonden gehoor bij schooldirecteur Fischer. In januari 1838 stelde Fischer het schoolbestuur voor de leeropdracht van Degen te splitsen, daar:

.. gerade die beiden von Degen vorgetragenen Fächer von der Art sind, dass bei den, so zu sagen, täglichen neuen Entdeckungen, welche darin gemacht werden, und bei den erstaunlichen Erweiterungen, die beide Wissenschaften seit wenigen Jahrzehnten erfahren haben, .. eine unausgesetzte Bekanntschaft mit alle neuen Erscheinungen unerlässlich ist, um darin nicht zurückzuschreiten, was hier einem Stehenbleiben gleichkommt.<sup>116</sup>

Dat Fischer hier een 'unausgesetzte Bekanntschaft mit allen neuen Erscheinungen' eiste, laat zien dat de opvattingen over de taken van polytechnische schei- en natuurkunde-docenten ook op het niveau van de schoolleiding in beweging waren. Boekenkennis alleen was niet meer genoeg.<sup>117</sup> Toen Degen in 1839 tot 'Bergrat' opklom en de school verliet, besloot de Württembergse regering in de loop van de besprekingen rond zijn opvolging de leerstoel te splitsen. Hermann Fehling (1811-1885) uit Lübeck, die in 1837 bij L. Gmelin in Heidelberg was gepromoveerd en daarna drie semesters in het laboratorium van Liebig in Giessen had doorgebracht, kreeg het docentschap in de scheikunde. Reusch werd tot leraar fysica en mechanica benoemd.<sup>118</sup>

Fehling ging in zijn taakuitoefening verder dan de institutionele norm die door Fischer was geformuleerd. In plaats van louter kennis te nemen van de vele 'neue Erscheinungen', nam hij na een pauze van drie jaar waarin hij zijn onderwijs organiseerde, vanaf 1842 zelf actief de 'Erweiterung' van zijn vakgebied ter hand. Gedurende een aantal jaren oogstte hij grote lof met zijn onderzoek op het terrein van de organische chemie - een regelrechte voortzetting van zijn eerdere research in Giessen. Daarna verschoven zijn onderzoeksactiviteiten onder invloed van een groot aantal opdrachten van de Württembergse regering, meer en meer in de technische en toegepaste richting. Net als Wöhler in Kassel, bood Fehling van meet af aan geïnteresseerde leerlingen de gelegenheid zich buiten schooltijd verder te bekwamen in de preparatieve en de analytische chemie. Daarnaast breidde hij ook het reguliere practicum uit, zodat zijn leerlingen zich in positieve zin onderscheidden van de universitaire studenten uit Tübingen, die toen nog - in de woorden van directeur Fischer uit 1843 - 'mit Kenntnisse bereichert, .. aber mit ebenso unbeholfenen Hände' het onderwijs verlieten.<sup>119</sup>

Vergelijken we de opvattingen van chemici als Wöhler, Bunsen en Fehling en het door hen gegeven onderwijs, met de onderwijspraktijk van vóór 1830 (hoofdstuk 6) dan zijn de verschillen onmiskenbaar. De koerswijziging in de onderwijs-politiek na 1830, met zijn grotere nadruk op de wetenschappelijkheid van het polytechnische onderwijs, zorgde ervoor dat bij de benoeming van de docenten niet meer uitsluitend naar de voorafgaande onderwijservaring gekeken werd, maar ook naar de kwaliteiten op wetenschappelijk gebied.<sup>120</sup> Deze ontwikkeling werd versterkt door de veranderingen die zich vanaf ongeveer 1820 in de chemiebeoefening zelf hadden voorgedaan. Voor de scheikundedocenten van Wöhlers generatie was er geen discussie over mogelijk dat alléén degenen die in staat waren chemische analyses uit te voeren en zelf laboratoriumonderzoek verrichtten zich 'chemicus' mochten noemen.<sup>121</sup> Ook het feit dat in 1838 de scholen in Brunswijk en Graz beide hun docent in de scheikunde toestemming gaven om enige tijd naar Giessen te gaan om zich daar in het laboratorium op de

hoogte te stellen van de nieuwste analytische onderzoeksmethoden op het terrein van de organische chemie, illustreert de toenemende verbreiding van deze nieuwe visie op de taakuitoefening van de polytechnische chemie-docent.<sup>122</sup>

Omstreeks 1840 was de ideeënvorming over de inrichting van het polytechnische scheikunde-onderwijs nog lang niet uitgekristalliseerd. De gepresenteerde voorbeelden geven inzicht in de nieuwe koers, maar we mogen daarbij niet vergeten dat er toen maar aan enkele polytechnische scholen (Kassel, Stuttgart, Brunswijk en Graz) leraren waren aangesteld die zelf een actief aandeel hadden in de vooruitgang van de chemische wetenschap. Op bijna alle andere polytechnische scholen gaven de 'technologische' en de op het overdragen van een 'System' gerichte docenten de toon nog aan.

Bovendien, ook in Kassel, Stuttgart, Graz en Brunswijk bestond omstreeks 1840 geen speciaal curriculum voor chemici. De inrichting van het chemische onderwijs was nog steeds op de oude leest geschoeid en op de concrete behoeften van de bestaande beroepen gericht. De kleine groep docenten van de tweede generatie die een wetenschappelijker en grondiger onderwijsprogramma op het gebied van de chemie voorstond creëerde, en dat is tekenend voor de hier beschreven stand van zaken, buiten het gewone lesprogramma om mogelijkheden tot een voortgezette studie in de chemie. Chemici als Wöhler, Bunsen, Otto en Fehling representeren bij uitstek een overgangsgeneratie, die midden in het spanningsveld stond tussen de eigen wetenschappelijke ambities op chemisch gebied en de institutionele verhoudingen die nog geen disciplinaire specialisatie kenden.

Dat deze institutionele verhoudingen zich in de loop van de jaren 1840 grondig zouden wijzigen kan, afgezien van de invloed die uitging van de andere polytechnische disciplines, niet losgezien worden van de publicitaire activiteiten van een man die als geen ander een maatschappelijk draagvlak wist te creëren voor een discipline-georiënteerd onderwijs in de chemie. Deze man was Justus Liebig. Dat er in Wenen in 1845 voor de eerste maal in de geschiedenis van het polytechnische onderwijs een apart onderwijsprogramma voor chemici werd geformuleerd, was, zoals ik zal laten zien, direct op Liebigs activiteiten terug te voeren.

## **9.5 Liebigs campagne voor de emancipatie van de chemie, in het spanningsveld tussen universiteit en polytechnische school**

Toen Liebig tussen 1838 en 1842 zijn publicitaire strijd begon, gericht op het vergroten van het maatschappelijke prestige van zijn vakgebied en op het verhogen van de status van de chemie aan de universiteit, was hij binnen de chemische wereld reeds een chemicus van wereldfaam. Tussen 1830 en 1835 had

Liebig verschillende verbeteringen doorgevoerd in de praktijk van de organisch-chemische analyse en met zijn nieuwe methoden een aantal opmerkelijke resultaten geboekt op het gebied van de theoretische organische chemie.<sup>123</sup> Werd zijn chemisch-farmaceutische instituut te Giessen gedurende de eerste tien jaar na de oprichting (1825/6) vrijwel uitsluitend door farmaceuten bezocht, na 1835 veranderde dit. Binnen enkele jaren steeg het aantal studenten in zijn laboratorium aanzienlijk, waarbij vooral de stijging van het aantal chemie-studenten opvallend was. Tezelfdertijd kreeg zijn laboratorium, in de woorden van Holmes, 'an international aura'. Tientallen buitenlandse studenten bezochten tussen 1836 en 1852, toen Liebig naar München vertrok, zijn instituut.<sup>124</sup> Nadat in januari 1837 zijn *Anleitung zur Analyse organischer Körper* in korte tijd verschillende malen werd bijgedrukt en in het Engels werd vertaald en Liebig in de zomer van dat jaar zijn 'triomftocht' langs de Engelse en Schotse chemici en natuuronderzoekers had gemaakt, had de 34-jarige Liebig binnen de internationale gemeenschap van chemici een reputatie bereikt die nauwelijks meer onderdeel voor die van een Berzelius of een Gay-Lussac.<sup>125</sup>

Teruggekeerd uit Groot-Brittannië startte Liebig een publiciteitscampagne die zijn roem tot ver buiten de grenzen van de chemische discipline zou verbreiden. De jaren tussen 1838 en 1842 waren in dit verband cruciaal. Met een viertal publicaties die hij in die periode schreef, wist hij steeds grotere delen van het publiek te bereiken. De gewenste resultaten bleven niet uit. Daarna bleef het bespelen van de 'openbare mening' gedurende zijn gehele verdere leven zijn grote passie. Begin 1838 verscheen in Liebigs eigen *Annalen der Pharmacie* een kort artikel over 'Der Zustand der Chemie in Oestreich', dat onder het mom van een boekbespreking een bijzonder scherpe aanval op Meissner en op de Oostenrijkse chemiebeoefening in het algemeen bleek te zijn.<sup>126</sup> Twee jaar later verschenen vrijwel tegelijkertijd zijn ook als zelfstandige brochure uitgegeven artikel 'Der Zustand der Chemie in Preussen' en zijn binnen korte tijd zeer beroemde boek over de landbouwchemie.<sup>127</sup>

Het publicatiebeleid rond deze beide geschriften was door Liebig zorgvuldig gepland. Zijn 'Agrikulturchemie' moest hem wetenschappelijke roem onder de grootgrondbezitters, de staatsbeambten en de politici verschaffen, die vervolgens tot hefboom kon worden gebruikt om de hervormingen door te voeren die hij in zijn kritiek op het Pruisische chemische onderwijs had geëist. Anderzijds moest het 'Spektakel' dat Liebig wilde ontketenen rond de 'Zustand der Chemie in Preussen' de verkoop bevorderen van zijn boek over de landbouwchemie.<sup>128</sup> Doel van de afzonderlijke brochure was de verbreiding van zijn hervormingsplannen en zijn denkbeelden over de maatschappelijke positie van de chemie tot ver buiten de lezerskring van zijn, inmiddels omgedoopte, *Annalen der Chemie und der Pharmacie*. Zijn vriend Wöhler schreef hij daarover:

.. mein Zweck ist, auf das grosse Publicum und auf die Regierungen zu wirken. Der Himmel gebe seinen Segen dazu und emancipire uns. Der Chemie stand bisher, den anderen Fächern gegenüber, in einer sonderbaren Lage, ...; allein dies soll sich ändern, sie soll neben oder über den anderen stehen.<sup>129</sup>



Tegenstanders binnen de wetenschap kregen daarbij van Liebig een gratis exemplaar om hen, zoals hij zijn uitgever schreef, 'die bitteren Stellen, die sie zu schlucken haben, mit Höflichkeit zu versüssen'.<sup>130</sup>

Weer twee jaar later zette Liebig de stap die hemzelf en zijn vakgebied definitief de gewenste bekendheid onder het 'grote publiek' zouden verschaffen. In de veel gelezen *Augsburger Allgemeine* startte hij in 1842 de publicatie van zijn 'Chemische Briefe', een serie die hij, met tussenpozen, gedurende jaren zou voortzetten, die ook in boekvorm verscheen en in vele talen vertaald en herdrukt werd.<sup>131</sup>

Van deze vier geschriften zijn voor het thema van mijn studie vooral Liebigs kritiek op de chemie in Oostenrijk en Pruisen van belang. Het contrast tussen beide geschriften is groot. Het eerstgenoemde artikel is overmatig scherp van toon en qua structuur chaotisch. Zijn twee jaar later verschijnende strijdschrift over het Pruisische chemische onderwijs, heeft in vergelijking daarmee een voorbeeldige opbouw en is een schoolvoorbeeld van trefzekere retoriek. Beide polemische geschriften vullen elkaar echter aan. Opvattingen die Liebig in 1838 reeds verkondigde, werkte hij in zijn in 1840 gepubliceerde artikel verder uit en voorzag hij van een uitvoerige argumentatie.

Zien we af van Liebigs inzet de chemie een aanzien minstens gelijk aan dat van de andere disciplines te verschaffen, dan vormen twee nauw verbonden kwesties de kern van zijn betoog. In de eerste plaats bond Liebig de strijd aan met de aloude geleerdecultuur. Tegenover de waarde van omvattende kennis, riep hij de methode om 'de juiste vragen aan de natuur' te stellen uit tot de essentie van het wetenschappelijk bedrijf. In de tweede plaats maakte Liebig de inrichting van de universitaire studie in de natuurwetenschappelijke disciplines tot strijdtoneel. Fel bekritiseerde hij de exclusieve aandacht van vele universitaire geleerden voor de theoretische wetenschappelijke 'Bildung' en het *dédain* waarmee zij neerkeken op het praktische laboratoriumonderwijs, dat in hun ogen immers niet anders was dan het werk van de ambachtsman.

De gevolgen voor het polytechnische scheikunde-onderwijs van met name dit laatste kritiekpunt waren verstrekkend. Door zich te verzetten tegen de traditionele scheiding tussen theorie en praktijk ondergroef Liebig een deel van de ideologieën waarmee de taakafbakening tussen de universiteit en de polytechnische school omgeven was. De legitimatie die in het begin van de jaren 1830 door Nebenius en zijn collega's was gekozen voor de driedeling tussen het lagere technische-, het hogere technische- en het geleerde onderwijs was mede gebaseerd op het idee dat de opleiding van toekomstige wetenschapsmensen en geleerden gescheiden kon zijn van de scholing van hen die de wetenschappelijke kennis zouden dienen toe te passen in de praktijk.<sup>132</sup> Hiertegenover plaatste Liebig een visie die, vaak geciteerd, het credo zou worden van de Duitse chemici uit de tweede helft van de negentiende eeuw:

Ein wahrhaft wissenschaftlicher Unterricht soll fähig und empfänglich für alle und jede Anwendung machen, und mit der Kenntniss der Grundsätze und Gesetze der Wissenschaft sind die Anwendungen leicht, sie ergeben sich von selbst.<sup>133</sup>

Technische en wetenschappelijke chemici konden, zo stelde Liebig, met dezelfde opleiding volstaan. Dat dit in de ogen van deze universiteitsprofessor de universiteit moest zijn, hoeft niet te verbazen.

Dit inzicht, dat de kwesties die Liebig aansneed van een direct belang waren voor de verhouding tussen de universiteit en de polytechnische school, levert mijns inziens ook de sleutel tot het vraagstuk waarom Liebig in 1838 en 1840 op deze wijze in de openbaarheid trad. In de historische literatuur zijn, naast de nadruk op Liebig's campagne om de status van de chemie te verhogen, verschillende vermoedens geuit omtrent de redenen die Liebig had voor zijn aanval op de Oostenrijkse en Pruisische chemie. Het idee dat hij trachtte in Wenen of Berlijn een hoogleraarspost te bemachtigen, kwam daarbij op de eerste plaats.<sup>134</sup> Geen aandacht is echter geschonken aan de omstandigheid dat juist aan het einde van de jaren 1830 de verhouding tussen de universiteiten en de polytechnische scholen overal in Duitsland ter discussie stond. De termen waarin Liebig in 1838 en 1840 in de aanval ging lijken echter sterk door dat debat beïnvloed.

Dat dit debat aan het einde van de jaren 1830 opbloede, was een logische consequentie van de onderwijshervormingen van enkele jaren daarvoor. De niveauverhoging van het polytechnische onderwijs en de nadruk op haar 'streng-wetenschappelijke' basis leidden in de praktijk, hoe scherp Nebenius op papier de grenzen ook getrokken had, onvermijdelijk tot een uitholling van de traditionele taken van de universiteit. Op het gebied van de technische- en de natuurwetenschappen had de universiteit een geduchte concurrent gekregen.

Manegold heeft in zijn bekende studie over de verhouding tussen de universiteiten, de technische hogescholen en de industrie, laten zien dat tegenover de vele brochures die, vooral in Pruisen, de nadruk legden op de geestelijke taken en de 'freie Bildung' van de universiteit, verschillende auteurs vanaf ongeveer 1836 pleitten voor een samenvoeging van het wetenschappelijke en het technische onderwijs. Tegenover de waarschuwing van de Göttinger professor F.C. Dahlmann dat de universiteiten zouden verworden tot 'hämmernde Werkstätten' voor de scholing van 'Polytechniker', brachten zij naar voren dat het gevaar dat de universiteiten gescheiden zouden worden van de 'Bewegung des öffentlichen Lebens' (Thiersch) groter was. Deze laatste positie kwam sterk met de opvattingen van Liebig overeen. In de geschriften van de Berlijnse pedagoog A. Diesterweg (1836/38) en vooral in die van de Leipziger liberaal F.C. Biedermann (1839) en de Beierse neohumanist Thiersch (1836/38) kan men dezelfde gedachten aantreffen als in Liebig's 'Zustand der Chemie in Preussen'. Alle drie benadrukten ze de noodzakelijke en onverbreekelijke wisselwerking tussen de 'zuivere' wetenschap en de praktische toepassingen, de techniek en de industrie. Voor Thiersch kwam daarbij dat hij een gunstige invloed verwachtte van de universitaire wetenschappelijke cultuur op de, door hem verafschuwde, 'materielle Richtung'.<sup>135</sup>

Ook in Liebigs eigen land Hessen brandde begin 1839 de strijd tussen de 'Humanisten' en de 'Realisten', de academici en de polytechnici, in alle hevigheid los. De achtergrond van dat debat vormden de pogingen van de schoolleiding van de in 1836 in Darmstadt opgerichte *Höhere Gewerbeschule*, om het onderwijs aan die school - en daarmee het toegewezen budget - steeds verder uit te breiden, terwijl tevens voor de afgestudeerden de onvoorwaardelijke toelating tot de universiteit werd geëist. Dit streven stuitte op de heftige tegenstand van de Darmstadter gymnasiumdirecteur J.F.K. Dilthey (1797-1857), die een teruglopend leerlingenaantal voor zijn school vreesde. Reeds na twee weken volgde een repliek op Dilthey's geschrift van de hand van de directeur van de *Höhere Gewerbeschule*, Th. Schacht (1786-1870). De strijd tussen Dilthey en Schacht kreeg in de pers een ruime aandacht en in juni en juli 1839 werd er dagenlang door de Tweede en de Eerste Kamer van de Hessische Landdag over de verhouding tussen de technische school in Darmstadt en de universiteit in Giessen gedebatteerd. Het regeringsvoorstel om het budget van de Darmstadter school uit te breiden kreeg uiteindelijk de meerderheid van de Tweede Kamer achter zich, maar werd door de Eerste Kamer verworpen.<sup>136</sup>

Deze meningenstrijd was niet aan Liebig voorbij gegaan. In zijn 'Chemie in Preussen' zwaaide hij het beleid van de Hessische regering alle lof toe en koos hij er onomwonden voor de leerlingen van de 'Real-' en de 'Gewerbeschulen', nadat ze eerst in de lagere klassen van het gymnasium zich enige talenkennis zouden hebben eigen gemaakt, toe te laten tot de universiteit.<sup>137</sup>

Der Streit zwischen Gymnasien und Gewerbeschulen ist das Ankämpfen der Seifensieder gegen das Gaslicht, das Protestiren der Gastwirthe gegen die Schnellposte, der Fuhrleute gegen Kanäle und Eisbahnen. ... Nur wenn der Mensch, von dem Drucke seiner Existenz befreit .. ist, wenn es ihm leichter gemacht seyn wird, die irdischen Sorgen zu tragen, wird er sein Sinn auf das Höhere richten können.

Tegen deze achtergrond wordt het begrijpelijk waarom Liebig juist de twee hierboven genoemde vraagstukken - 'wat is de verhouding tussen geleerdheid en wetenschappelijkheid?' en 'hoe dienen wetenschappers te worden opgeleid?' - koos tot de kernvragen van zijn betoog. De antwoorden die hij gaf, weken hoogstens in hun formulering af van wat andere natuurwetenschappers en polytechnici over deze kwesties schreven. Voor één punt dient echter een uitzondering te worden gemaakt: nooit eerder verscheen een krachtiger verdediging van de 'Bildungswert' van de analytische chemie.

De debatten die omstreeks 1840 over het Duitse hogere onderwijs plaatsvonden, typeerden een periode die zonder meer een scharnierpunt in de geschiedenis van de wetenschap - of beter, van het begrip 'wetenschap' - kan worden genoemd. Betekende het begrip wetenschap eeuwenlang 'ergens weet van hebben', nu werd de visie dominant dat het vinden van *nieuwe* feiten, het doen van 'ontdekkingen' de essentie vormde van het wetenschapsbedrijf.<sup>138</sup> Deze fundamentele omwenteling in het denken over de wetenschap kan geïllustreerd worden aan de

hand van het conflict tussen Liebig en Meissner.<sup>139</sup>

In zijn aanval op de beoefening van de scheikunde in Oostenrijk, waar volgens hem gedurende 20 jaar 'keinen Mann [... die Chemie] mit einer einzigen That-sache bereicherte', koos Liebig er bewust voor niet de regering maar vooral de leraren tot mikpunt van zijn kritiek te maken:

Es ist wie ich glaube eine Regel in der Politik nie eine Regierung anzugreifen, wenn man einen wirklich guten Zweck erreichen will, werden die Personen verletzt von denen die Verbesserung allein ausgeht, so ist der Zweck verfehlt.<sup>140</sup>

Meissner was degene die het daarbij het zwaarst te verduren kreeg. Gegeven Liebigs gerichtheid op de hegemonie in de chemische wereld (die bijvoorbeeld blijkt uit zijn conflicten met Berzelius en Dumas), speelde daarbij ongetwijfeld een rol dat Meissner hoogleraar aan het toen nog grootste Duitse chemische instituut was (2 laboratoria, ruim 125 studenten op het college algemene technische chemie en 45 op het college speciale technische chemie). Voor Liebig was Meissner het schoolvoorbeeld van een 'geleerde' - 'sein ungeheures Gedächtniss ist wie die Magen eines Vielessers'<sup>141</sup> - die niet meer thuis hoorde in de moderne wetenschap:

.. an dem wichtigsten und einflussreichsten Institute [sehen wir] einen Mann, von dem man mit Wahrheit sagen kann, dass er seinem Lande unendlich geschadet hat. .... Meissner. Er zeigt uns nicht den Stand der Wissenschaft, was sie leistet und geleistet hat, er deutet nicht die Punkte an, wo zu suchen und zu finden ist; alle herrliche Entdeckungen verkrüppeln in seiner Darstellung, sie werden in seiner Hand unbrauchbar für alle Anwendungen. ... der Verstand, das Talent, das Urtheil, die Beobachtungsgabe, alles lässt der Studierende in der Meissner'schen Vorlesung zurück.<sup>142</sup>

Uit Meissners in 1844 verschenen repliek blijkt duidelijk hoe ver zijn opvattingen afstonden van Liebigs wetenschapsbeeld. Voor Meissner was de chemie sinds Lavoisier en Berzelius min of meer afgesloten. De 'Entdeckungen' op het gebied van de organische chemie, die Liebig in zijn laboratorium had gedaan, deed hij af als 'undarstelbare Verbindungen' en 'hypothetische Substanzen' die alleen 'bestonden' bij de gratie van Liebigs op een grenzeloze eerezucht gebaseerde drang om met iets nieuws te komen. Zijn eigen 'ontdekkingen' had hij daarentegen niet uit de lucht gegrepen, maar 'nach vieljährigen Mühe aus den allgemeinen Naturgesetzen mit strengster Consequenz gefolgert'. Was voor Liebig de chemische theorie een hulpmiddel bij het doen van onderzoek, voor Meissner was het een stelsel van basisprincipes - een 'System' - waaruit deductief gevolgtrekkingen konden worden afgeleid. De taak van de wetenschapper was het, alle nieuw gevonden verbindingen - dit sloot Meissner niet uit - 'an die rechte Stellen ins System [zu stecken]'. Leerlingen dienden eerst dit 'System' te kennen, voordat ze mochten worden toegelaten tot het laboratorium.<sup>143</sup> Liebig daarentegen liet zijn leerlingen zo vroeg mogelijk in zijn laboratorium toe, om hen de 'Sprache der Erscheinungen' te leren en hen te trainen in het 'abfragen der Natur'.

De breuk tussen de oudere generatie chemie-docenten en de nieuwe generatie, met Liebig als meest spraakmakende representant, had niet fundamenteeler kunnen zijn: op zowel methodologische, als inhoudelijke, didactische en morele terreinen lopen de standpunten van beide groepen uiteen. Een wisseling van paradigma's was het zeker. De verschillen in oordeel over de onaantastbaarheid van de leerstellingen van de 'herrsche Schule' waartoe Meissner zichzelf rekende, en het al dan niet 'hypothetische' karakter van vele nieuwe organische verbindingen en hun rol in de 'Reformation' van de wetenschap onderstrepen dat.<sup>144</sup> Het was echter meer dan een gewone wisseling van paradigma's, meer dan een wetenschappelijke revolutie in Kuhnse zin. Niet de vraag wát zinnige onderzoeksvragen zouden zijn scheidde de twee partijen, maar een fundamenteel verschil van mening over de spelregels van het wetenschapsbedrijf. De 'omvattende kennis', die volgens Liebig iemand als Jacquin wel tot een geleerde, maar niet tot een chemicus maakte, was voor Meissner juist hét criterium voor wetenschappelijkheid. Op grond van zijn geringe kennis was Liebig, zo meende Meissner, niet tot het vellen van een oordeel over wetenschappelijke vragen bevoegd.<sup>145</sup>

Liebig's strijd tegen de geleerdecultuur binnen de chemie stond in nauw verband met het tweede kernpunt van zijn campagne tegen de Oostenrijkse en de Pruisische chemiebeoefening: de hervorming van het chemische onderwijs. Om wetenschappelijk voor vol te worden aangezien was het zaak, vooral in Pruisen waar 'Geistesbildung' de overheersende waarde was, het door hem bepleite laboratoriumonderwijs uit de sfeer van de handvaardigheden en produktietechnieken te halen. Velen beschouwden, volgens Liebig, de chemie slechts als een 'in Regeln gebrachte Experimentirkunst, nützlich um Soda und Seife zu machen.'<sup>146</sup> De traditionele aanpak, waarbij het onderwijs in het laboratorium vooral met het technisch-chemische onderwijs verbonden was en daardoor wel op de polytechnische scholen, maar veel minder aan de universiteiten, een voet aan de grond gekregen had, werkte dit oordeel in de hand. Er was Liebig dan ook veel aan gelegen juist tegen het laboratoriumonderwijs zoals het aan de polytechnische scholen gebruikelijk was, van leer te trekken:

Der Unterricht in Chemie in den Laboratorien der Gewerbe- und polytechnische Schulen ist an den meisten Orten äusserst mangelhaft. [...] In den sonst so vortrefflichen Gewerbeinstitute in Berlin wird Unterricht in Handgriffen und Fertigkeiten erteilt, Analysen von Gegenstände des Handels .. sind dass höchste, was man dort zu erzielen sucht.<sup>147</sup>

Ook nam Liebig stelling tegen het Verlichtingspedagogische idee dat in de eerste decennia van de negentiende eeuw de inrichting het technische onderwijs sterk bepaald had, namelijk dat dit onderwijs direct in dienst van de nijverheid kon staan:

Nichts ist nachtheiliger und schädlicher, als wenn der Materialismus oder Nützlichkeitsprincipien in irgend einer Lehranstalt Wurzel fassen .... wenn sie dazu benutzt werden, um Seifensieder, Brantweinbrenner oder Schwefelsäure-Fabrikanten aus Kinder zu bilden. ... Ich habe [in vielen] .. Gewerbschulen .. die verschiedenartigsten chemischen Gewerbe im kleinen Maasstabe ausgeführt gesehen. Diese Spielereien verzehren den Fond der Anstalten, ohne nur im entferntesten zu nützen.<sup>148</sup>

Dit was niets minder dan een regelrechte aanval op de didactische praktijk van Prechtl's 'speciale technische chemie'. Tegenover die didactische praktijk poneerde Liebig de mogelijkheid en wenselijkheid om 'all-round' chemici op te leiden, die op grond van hun theoretische en praktische beheersing van de chemische wetenschap in staat waren alle technische toepassingen als 'von selbst' tot stand te brengen. Het chemische practicum had daarbij niet meer de functie om bepaalde 'chemische Manipulationen' te leren, of om vertrouwd te raken met een concreet productieproces, maar om - zoals hierboven reeds aangegeven - te leren 'Erscheinungen zu interpretieren und der Natur ihre Antworten abzufragen, abzuzwingen'.<sup>149</sup> Om deze kunst te leren was het nodig dat de leerling 'von des Morgens bis Abends' in het laboratorium was.<sup>150</sup> De verhouding tussen de theoretische en de praktische studie maakte Liebig duidelijk met een metafoor, ertoe bestemd om de filologen te overtuigen. Er van uitgaande dat 'alle beobachteten Erscheinungen zusammengenommen eine Sprache' vormen en de chemicus 'die Bedeutung der Erscheinungen, der Worte, in denen der Natur mit uns spricht' kent en weet heeft van een speciaal 'Alphabet' om deze woorden te lezen,<sup>151</sup> schetste Liebig de rol van het onderwijs als volgt:

In unsern Vorlesungen machen wir die studirende Jugend mit dem Alphabet bekannt, in unsern Laboratorien erlernen sie den Gebrauch dieser Zeichen, sie erwerben sich Fertigkeit im Lesen der Sprache der Erscheinungen, die Regeln der Combinationen, Gewandheit und Gelegenheit, sie in Anwendung zu bringen.<sup>152</sup>

Het middel bij uitstek om de 'Sprache der Erscheinungen' te leren verstaan, was de chemische analyse. Dit was de hoeksteen van Liebigs didactische methodiek en hét onderdeel van de chemie dat als bindmiddel tussen de wetenschappelijke, de farmaceutische en de technische invalshoeken binnen de scheikunde moest fungeren. Voor het oplossen van farmaceutisch-toxicologische vraagstukken was kennis van de analytische chemie onontbeerlijk:

Ein Mann ist unmittelbar nach dem Genusse einer Speise mit alle Zeichen einer Vergiftung gestorben; die Sprache der Erscheinungen, der er sich zum Lesen bedient, sie sagt dem Chemiker, der Mann sey an Arsenik gestorben. ... Diess ist die chemische Analyse ...<sup>153</sup>

Maar ook voor de wetenschappelijke onderzoeker was een grondige beheersing van de analytische chemie onontbeerlijk. Kennis van de analytische methodieken was evenwel voor Liebig geen doel op zich. Centraal moest de wetenschappelijke gedachte staan:

Der Chemiker als Naturforscher [muss] sich die vertrauteste Bekannschaft mit der chemischen Analyse und seiner eigenthümlichen Combinationslehre erworben haben, alle seine Schlüsse, seine Resultate drückt er durch Erscheinungen, durch Versuche aus, jeder Versuch ist ein in eine Erscheinung gebrachter Gedanke.<sup>154</sup>

De formulering van deze denkebeelden was nieuw, maar de achterliggende gedachte niet. Veel innovatiever was Liebigs nadruk op de toepasbaarheid van de 'wetenschappelijke en farmaceutische' chemische analyse op het derde deelterrein van de chemie: de technische scheikunde. Nog nooit was zo nadrukkelijk gepoogd de analytische chemie binnen het gezichtsveld van de technische chemicus te brengen.<sup>155</sup> Zich richtend tot zowel fabrikanten, van wie hij hoopte dat ze hun zonen naar zijn instituut zouden sturen, als tot de Pruisische overheid, betoogde Liebig in zijn 'Chemie in Preussen' dat hij zijn leerlingen in zijn laboratorium de methode bijbracht om industriële problemen met 'zuiver wetenschappelijke' methoden op te lossen.<sup>156</sup> Tevens verkregen zij daarbij uiteraard een grote praktische vaardigheid in analytisch-chemische technieken.

Door praktische vaardigheden een centrale rol in zijn wetenschappelijke methodologie te geven smeedde Liebig, in het retorische vlak althans, de wereld van de wetenschap en de wereld van de industrie hecht aaneen. In de richting van de wetenschap kon hij de chemische analyse als een middel opvoeren om wetenschappelijke vragen op te lossen. In de richting van de industrie kon hij argumenteren dat zijn leerlingen zo goed praktisch geschoold waren, dat zij zonder meer in de nijverheid bruikbaar waren. Liebig verwoordde daarmee de groeiende toenadering tussen de twee in hoofdstuk 8 geschetste gescheiden tradities binnen de analytische chemie. Zo ontstond wat Fehling later de 'praktische Richtung [in der] Chemie' zou noemen, 'wodurch die Wissenschaft in immer nähere Beziehung zu den Gewerben gebracht' werd.<sup>157</sup>

Via zijn leerlingen en zijn geschriften lukte het Liebig de geesten rijp te maken om de praktische studie in het laboratorium te accepteren als een noodzakelijk en regulier onderdeel van het universitaire onderwijs in de chemie. De traditionele taakverdeling tussen het polytechnische en het universitaire onderwijs werd zo doorbroken en Liebigs laboratorium in Giessen groeide uit tot een kweekplaats voor chemici voor de industrie. Daarmee is uiteraard niet gezegd dat (toekomstige) industriële chemici het leeuwendeel van Liebig's studenten uitmaakten, wel dat het absolute aantal van Liebig's leerlingen dat in de industrie terecht kwam niet klein was, gezien in het licht van die tijd. Van de 718 studenten die tussen 1830 en 1850 deelnamen aan door en onder leiding van Liebig gegeven onderwijs - waarvan verreweg de meesten alleen de inleidende colleges of practica volgden - schreven zich 407 in als chemie-studenten (75% hiervan na 1840) en 252 als studenten in de farmacie.<sup>158</sup> Fruton heeft van 324 van deze studenten (45%) enige gegevens kunnen achterhalen met betrekking tot hun latere beroep. De grootste groep werd leraar of professor op een universiteit, een polytechnische school of een klinische school (99 personen), 96 leerlingen werden farmaceut en 53 studenten kwamen in de industrie terecht.<sup>159</sup> Het bestaan van deze laatste groep wijst op de hierboven gesignaleerde grenserving tussen de taken van de

universiteit en de polytechnische school.

In theorie was erop basis van Liebigs visie nog slechts plaats voor één type wetenschappelijk- en technisch-chemisch instituut en voor de hand lag dat dat de universiteit moest zijn. Op de hervorming van het universitaire onderwijs was Liebigs campagne immers gericht. Dat de polytechnische scheikunde-opleidingen toch zouden blijven bestaan, was het gevolg van hervormingen die men als een 'onbedoeld neveneffect' van Liebigs universitaire hervormingsacties zou kunnen bestempelen. Ook aan de polytechnische scholen kregen Liebigs opvattingen een voet aan de grond. Men ging ertoe over het onderwijs in de chemische analyse los te koppelen van het onderwijs in de (speciale) technische chemie en dit onder te brengen bij het onderwijs in de algemene of de theoretische chemie.<sup>160</sup> Net als aan de universteiten werd de algemene - en niet de technische - chemie de hoeksteen van het polytechnische scheikunde-onderwijs.

Voor het eerst gebeurde dat in de school die zowel de thuisbasis van Precht als Meissner was: het polytechnische instituut te Wenen. Daar was echter een lange strijd aan vooraf gegaan, waarbij Liebigs inhoudelijke successen op het gebied van de organische chemie uiteindelijk de balans hadden doen door slaan. De opkomst van een nieuw chemisch paradigma sleepte zo een fundamentele herstructurering van het chemische onderwijs in haar kielzog mee.

## 9.6 Het Oostenrijkse antwoord op Liebigs kritiek

In tegenstelling tot Pruisen, waar Liebigs voorstellen zowel onder professoren als in regeringskringen op heftige weerstand stuitten, vormde in de conservatieve Donaumonarchie de aanval die Liebig had ingezet, het begin van een hervormingsperiode van het universitaire en het polytechnische scheikunde-onderwijs.<sup>161</sup> Een centrale rol speelden daarbij twee invloedrijke Weense natuurkundigen: Andreas Baumgartner (1793-1865) en Andreas Ettingshausen (1796-1878).

Ettingshausen en Baumgartner werkten intensief samen op velerlei gebied en ook stonden ze alle twee met verschillende Oostenrijkse chemici in contact. In 1837 volgde de 'minor chemist' Philipp Aloys ridder von Holger (1796-1866) Ettingshausen op als redacteur van het door Ettingshausen en Baumgartner uitgegeven *Zeitschrift für Physik*. Anton Schrötter - docent chemie en fysica aan het *Joanneum* te Graz - was een leerling van beiden en had onder hun invloed in de jaren 1820 zijn studie geneeskunde afgebroken en zich op de chemie en de fysica gestort.<sup>162</sup> Het is opmerkelijk dat het juist Schrötter en Von Holger waren die in 1838 door Liebig - als enige Oostenrijkse chemici - in gunstige zin werden genoemd.<sup>163</sup>

De groep hervormers rond Ettingshausen, Baumgartner en de chemicus Von Reichenbach, die volgens Meissner als 'Helfers-helfern' in 1838 Liebig's 'schandiche Pasquil' overall waar het schade kon toebrengen hadden verspreid, keken niet alleen naar Giessen als voorbeeld voor de in hun land te entameren verande-



ringen.<sup>164</sup> Ook in Berlijn waren, zo vond men, 'im Vergleiche mit Oestreich sehr bedeutende Fortschritte gemacht'.<sup>165</sup> Toen Schrötter in 1838 als eerste Oostenrijkse chemicus een studiereis naar het buitenland maakte bezocht hij dan ook, behalve Giessen, Berlijn.

Van grotere betekenis voor de ontwikkeling van de chemie in het Habsburgse rijk zou de studiereis worden, die Joseph Redtenbacher (1810-1870), voormalig assistent van Von Jacquin, in 1839 en 1840 ondernam. Het zomersemester van 1839 bracht hij in Berlijn op het laboratorium van de analytisch-chemicus Heinrich Rose door. Van de herfst van 1839 tot het einde van 1840 werkte Redtenbacher te Giessen bij Liebig in het laboratorium. Hij zou later de leermeester van een complete generatie Oostenrijkse chemie-hoogleraren worden.<sup>166</sup> De studiereis van Redtenbacher vormt een cruciale episode uit de sociale geschiedenis van de Oostenrijkse chemie.

Redtenbacher zelf diende in februari 1839 het verzoek in om - op kosten van de regering - een studiereis van anderhalf jaar naar buitenlandse laboratoria te mogen ondernemen. Hij wees daarbij op de enorme invloed van de chemie op de nationale economie, maar beklemtoonde vooral de noodzaak dit vak direct van buitenlandse leermeesters te leren: 'Die Chemie besteht in ihrem praktischen Theile aus einem Inbegriffe unzähliger kleiner Erfahrungen und Handgriffe, die nicht aus Büchern gelernt werden können, die auch nicht die Sache eines einzelnen, sondern mehrerer der vorzüglichsten Männer dieses Faches sind.'<sup>167</sup> Deze 'tacit knowledge' was, zo blijkt, in Redtenbachers ogen onmisbaar wanneer men een bekwaam chemicus wilde zijn: een radicale breuk met het beeld van de geleerde, die zijn kennis uit boeken kon halen en in boekvorm weer kon overdragen. Op voorspraak van Baumgartner en Ettingshausen kreeg Redtenbacher reeds binnen enkele dagen van Franz Anton graaf Von Kolowrat (1778-1861), naast Metternich een van de leidende staatslieden van het land, de toestemming voor een langdurige studiereis.

Tijdens zijn afwezigheid in het buitenland werd de jonge Redtenbacher in januari 1840 tot hoogleraar in de chemie aan de universiteit te Praag benoemd. Een beslissing die een breuk betekende met de gebruikelijke benoemingspolitiek waarbij, naast vakkennis, ook het aantal dienstjaren een rol speelde.<sup>168</sup> In de onderhandelingen die in de tweede helft van 1839 plaatsvonden, speelden wederom Kolowrat, Ettingshausen en Baumgartner een beslissende rol. Zij wisten de benoeming van Redtenbacher door te zetten ondanks het ontbreken van diens naam op de oorspronkelijke voordracht van de *Studienhofkommission*.

Een beslissende rol speelde het adviesrapport dat Baumgartner in december 1839 schreef. Daarin wees hij, net als Redtenbacher, op de innige verstrengeling tussen de kennisontwikkeling op het gebied van de chemie en de ontwikkeling van nieuwe instrumenten en experimentele technieken. Om het chemisch onderwijs in Praag aan het front van de wetenschap te brengen moest er volgens hem iemand op die leerstoel worden benoemd die de nieuwste technieken en methoden persoonlijk bij een van de 'grossen Chemiker' in Duitsland, Frankrijk, Engeland of Zweden had geleerd - 'wer heut zu Tage in der Chemie etwas Tüchtiges lernen



**Afb. 38 en 39:** De gaande en de komende man in het chemische onderwijs aan de Weense polytechnische school. In 1845 volgde Anton Schrötter de toen 67 jaar oude Paul Traugott Meissner (met bril) op als hoogleraar in de algemene technische chemie. Schrötter voerde onmiddellijk grote veranderingen in het chemische onderwijs door en startte een aparte cursus voor 'Analytiker' (*Bildsammlung Universitätsarchiv der Technischen Universität Wien*).

will, muss aus solcher Quelle schöpfen.<sup>169</sup> Volgens Baumgartner waren Schrötter en Redtenbacher de enige twee Oostenrijkse chemici die aan dit 'profiel' konden voldoen.

Nadat zo, vanuit Wenen, in Praag een nieuwe koers was uitgezet, was Wenen zelf aan de beurt. De twee belangrijkste leerstoelen in die stad waren bezet door chemici van de oude signatuur. Meissner doceerde aan de polytechnische school en A.M. Pleischl (1787-1867) had in 1838 Von Jacquin opgevolgd aan de medische faculteit. Geen van beiden maakte aanstalten om hun functie op te geven, hoewel de druk op Meissner sinds Liebigs aanval aanzienlijk was. Omstreeks 1840 hielden de hervormingsgezinde krachten in de regering en de personen die achter Meissner en Pleischl stonden elkaar nog in evenwicht, zodat aan een reorganisatie van het chemisch onderwijs in Wenen niet viel te denken.

Baumgartner, Ettingshausen en hun medestanders lanceerden voor Wenen daarom een ander plan: een nieuw professoraat zou ingesteld dienen te worden, eventueel los van het polytechnikum of de universiteit en verbonden met een nieuw in te richten laboratorium. Op deze functie zou, zo was de opzet, niemand minder dan Liebig zelf moeten worden benoemd.<sup>170</sup> Een reis van Ettingshausen naar Giessen, omstreeks juni 1840, en een bezoek dat Liebig in oktober 1840 aan Wenen bracht, bereidden de onderhandelingen voor. Na Liebigs terugkeer in Giessen vond een uitgebreide correspondentie plaats, die in januari 1841 toch niet tot het gewenste resultaat leidde. Liebig zelf durfde, ondanks het voortreffelijke aanbod dat hem gedaan werd, de overstap naar Wenen niet aan en voelde zich, naar de Hessische overheid toe, verplicht nog langer in Giessen te blijven. De 'Weense lobby' was diep teleurgesteld, vooral ook omdat zij bij Metternich en Kolowrat de principiële goedkeuring voor hun plan had weten de verkrijgen.

Als de gebeurtenissen rond Redtenbacher en Liebig één zaak duidelijk maken, is het wel dat het hoogste politieke niveau in Oostenrijk rugdekking gaf aan pogingen om in het chemisch onderwijs een nieuwe weg in te slaan. De *Studienhofkommission*, die officieel de verantwoordelijke instantie was op onderwijsgebied, stond nog achter de traditionele wetenschapsopvatting in de lijn van Meissner en Pleischl.<sup>171</sup> Maar de steun van de daar bovenstaande politieke top was deze benadering ontvallen. De positie van Meissner op het polytechnische instituut werd daardoor meer en meer uitgehold. Wöhler, die Liebig in oktober 1840 naar Wenen vergezelde, signaleerde dat Meissner in Wenen inmiddels 'als eine hemmende Persönlichkeit in Misscredit' stond.<sup>172</sup>

Toen in 1843 Schrötter naar Wenen gehaald werd en daar aan de polytechnische school het professoraat in de speciale technische chemie toegewezen kreeg, was de beslissing om het chemisch onderwijs aan die school grondig te reorganiseren blijkbaar reeds gevallen. De reeds lang door Meissner gewenste leerstoel in de algemene technische chemie, die hij 17 jaar 'provisorisch' had bekleed, werd hem nu eindelijk gegund. Het bleek niet meer dan een elegante manoeuvre te zijn om zijn emeritaat voor te bereiden. De regering gaf Prechtl begin 1844 de opdracht om de colleges van Meissner nauwlettend in de gaten gehouden, daar zij de indruk gekregen had dat Meissner niet meer in staat was het onderwijs in de

algemene chemie zo te verzorgen 'wie es die Anstalt gegenwärtig unausweichlich notwendig macht'. Ook de *Studienhofkommission* bekritiseerde Meissner inmiddels. De commissie verweet hem dat hij:

.. sich fast ausschliesslich auf den blossen Vortrag des Lehrbuches beschränkt, und jeden demonstrativen Vortrag möglichst beseitigt.. [und] dass er dem Gegenstand der Chemie nach ... einem von ihm gegründeten System lehrt, dessen Richtigkeit .. jetzt .. von keinem Chemiker mehr angenommen wird.<sup>173</sup>

De uitvoerige apologie die Meissner in 1844 het licht deed zien en een poging om zijn onderwijs gedeeltelijk te vernieuwen door zijn assistent Von Pasqualati onderwijs in de analytische chemie te laten verzorgen, mochten niet meer baten.<sup>174</sup> In 1845 werd hij 'om gezondheidsredenen' gepensioneerd.<sup>175</sup> De weg was vrij om een docent van de tweede generatie de leiding te geven over het chemisch onderwijs aan het Weense polytechnische instituut. Deze chemicus werd Schrötter, die de verantwoordelijkheid over beide chemische leerstoelen kreeg. Zowel met de ideeën van Prechtel over de organisatie van het chemische onderwijs, als met Meissners ideeën over de chemische didactiek, werd zo definitief gebroken. De eenhoofdige leiding maakte de weg vrij voor de totale reorganisatie van het chemische onderwijs aan het polytechnische instituut. Direct in 1845 werden op verzoek van Schrötter een nieuwe collegezaal - die aan 500 studenten plaats bood - en nieuwe laboratoria ingericht. Zowel in 1847 als in 1848 bezochten meer dan 300 studenten Schrötters college over de algemene technische chemie; een aantal dat toen ongetwijfeld nergens in Duitsland gehaald werd. De laboratoria bestonden volgens Schödler, die ze in herfst van 1846 bezocht, uit 'mehreren grossen Räumen, die mit allen Bedürfnisse vorzüglich ausgestattet' waren.<sup>176</sup> Het studieprogramma zelf werd door Schrötter omgevormd van een 'reich besetzten Tafel' waar ieder aan kon schuiven, tot een welgeordende opleiding voor chemici. Voortaan waren de studenten die het vak 'speciale technische chemie' wilden volgen verplicht om eerst examen in de 'algemene technische chemie' te doen.<sup>177</sup> Daarnaast voerde Schrötter een nieuw studieonderdeel op het polytechnikum in: de 'praktisch-chemische Curs', bedoeld om 'praktische Chemiker' op te leiden. Voor het eerst was aan een Duitse polytechnische school een speciale opleiding tot chemicus ontstaan.

In deze praktische cursus lag, naar het voorbeeld van Giessen, het zwaartepunt van de training geheel op de analytische chemie. De studenten die deze cursus afrondden werden 'Analytiker' genoemd.<sup>178</sup> De verantwoordelijkheid voor de cursus lag bij Schrötter, maar de feitelijke begeleiding van het praktische werk was in de handen van een assistent. In 1845 kwam als eerste Dr. Erwin Waidele op die post. Hij had in 1844 na zijn promotie gedurende een semester bij Liebig gestudeerd. Ook voor het onderwijs in de speciale technische chemie koos Schrötter een leerling van Liebig als assistent.<sup>179</sup> Zo werd een nieuwe richting ingeslagen in het Weense chemische onderwijs door een docentenstaf die de daartoe benodigde 'tacit knowledge', het instrumentarium om de 'Sprache der Erscheinungen' te ontcijferen, uit de eerste hand had geleerd.

**Tabel 9.1:** *Het aantal 'Analytiker' - of studenten 'praktische Chemie' - aan het Weense polytechnische instituut, 1846-1851.*

---

jaar	aantal studenten
1846	22
1847	22
1848	28
1849	0 <sup>1</sup>
1850	15
1851	27

---

1 = sluiting wegens revolutie.

---

Bron: Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 369.

Het laboratorium dat in Wenen voor de analytisch-chemische cursus was ingericht, bood in 1851 maximaal plaats aan ongeveer 28 studenten. De belangstelling voor de cursus was vanaf het begin groot, ondanks het feit dat met Prechtl's beginsel van gratis onderwijs gebroken was. Studenten moesten een bedrag van 10 Gulden als practicumgeld betalen en daarnaast alle verbruikte chemicaliën en glaswerk zelf aanschaffen. In 1851 moesten er studenten wegens plaatsgebrek worden afgewezen, zodat de aantallen uit tabel 9.1 geen goede maat vormen voor de belangstelling die er blijkbaar voor deze nieuwe cursus was.<sup>180</sup>

De studenten die de praktisch-chemische cursus volgden, kregen eerst een training in de kwalitatieve analyse, de alcalimetrie en acidimetrie, de voor 'Techniker so wichtige Volumanalyse' en het gebruik van de blaaspijp, daarna volgde het onderwijs in de kwantitatieve (anorganische) analyse en in de analyse van organische verbindingen. Alleen studenten die daarna nog meer tijd aan de chemie wensten te besteden, kregen de gelegenheid zich in de bereiding van chemische preparaten te oefenen.<sup>181</sup>

Hieruit blijkt dat Schrötter en zijn assistenten in deze cursus enerzijds voortbouwden op de bestaande traditie van de school op het gebied van de industriële analyse (alcalimetrie, acidimetrie, 'Volumanalyse') en anderzijds als 'importeurs' optraden van de academische analytische chemie naar Liebig's model. Tien jaar voordat Mohr de volumetrie in de analytische chemie wist te integreren, had er dus, binnen de specieke context van de polytechnische school, op het niveau van het onderwijs een integratie van beide analytische tradities plaatsgevonden. Ook het gebruik van de term 'Volumanalyse' is interessant. Het wijst erop dat het 'losweken' van de industriële analyse uit de branche-gerichte benadering van het onderwijs in de (speciale) technische chemie, tot een abstrahering leidde van de specieke industriële context van de verschillende testmethoden. De later meer

gebruikelijke Duitse term 'Ma(a)ssanalyse' verscheen, volgens Szabadvary, pas in 1853 voor het eerst in de literatuur.<sup>182</sup> In Wenen, maar ook elders, werden de verschillende onderdelen van de volumetrie echter reeds eerder onder een algemeen gezichtspunt gebracht.<sup>183</sup>

Het Weense voorbeeld laat zien dat de twee integratieprocessen binnen de analytische chemie, die ik in hoofdstuk 8 behandeld heb, ook door institutionele factoren bevorderd werden. De transformatie van het polytechnische onderwijs in de jaren 1840, waarbij een op onderzoek gerichte van de universiteiten afkomstige aanpak in de bestaande technische onderwijstraditie werd geïntegreerd, droeg er in belangrijke mate toe bij.

De integratie van beide tradities in een nieuwe cursus voor 'praktische chemici' of 'analytici' had - zeker in potentie - belangrijke implicaties voor de beroepsontwikkeling. Studenten konden in de 'praktisch-chemische Lehrcurs' een kwalificatie verwerven die hen inzetbaar maakte in alle onderdelen van de chemische industrie. De getrainde analytische chemicus kwam voor de 'chemische ambachtsman' in de plaats.

## 9.7 Het ontstaan van speciale opleidingen voor chemici

Zoals ik hierboven in de paragrafen 9.2 en 9.3 heb laten zien waren er in de loop van de jaren 1840 aan de meeste polytechnische scholen geleidelijk een aantal veranderingen doorgevoerd, die tot een strakkere structurering van het chemische onderwijs hadden geleid. In 1847 ging de polytechnische school te Karlsruhe zelfs over tot de oprichting van een aparte 'Fachschule' op het gebied van de technische chemie. Binnen deze afdeling zette Walchner evenwel het onderwijs op de traditionele wijze voort. Daardoor kenden aan de vooravond van het revolutiejaar 1848 in feite alleen de polytechnische scholen in Wenen en, mogelijk, in Dresden een opleiding die expliciet tot doel had technische chemici op te leiden.<sup>184</sup> De revolutionaire gebeurtenissen van 1848 deden nieuwe politieke verhoudingen ontstaan, die ook elders een reorganisatie van het chemisch onderwijs mogelijk maakten. Het meest duidelijk was dit in Pruisen en Baden het geval.

In Pruisen leidden politieke onrust en veranderende denkbeelden ertoe dat de 'Handelsminister' in het revolutiejaar een commissie instelde die de organisatie van het gehele technische onderwijs onder de loop moest nemen.<sup>185</sup> Verschillende, elkaar bestrijdende adviezen en rapporten verschenen, die uiteindelijk leidden tot een reorganisatie van zowel het *Gewerbe-Institut*, als van het gehele stelsel van 'Provinzial-Gewerbenschulen'. Voor het eerst werd er een speciale opleiding voor 'Chemiker' aan het *Gewerbe-Institut* ingericht. Tevens werd nu een scherp onderscheid vastgelegd tussen de 'eigentliche Techniker', die de 'umfassende Bildung' van het *Gewerbe-Institut* bij hun werk nodig zouden hebben, en de groep van de '... Gerber, Bierbrauer, Destillateure, Färber usw', die voortaan aan de 'Provinzial-Gewerbeschulen' zouden moeten worden opgeleid.<sup>186</sup> Een

cruciale stap, die een demarcatie aanbracht waar vroeger slechts diffuse scheidslijnen - tussen ambachtslieden, fabrikanten en chemici - hadden bestaan.

De waarden die ten grondslag lagen aan het universitaire onderwijs werden ook voor het *Gewerbe-Institut* steeds meer richtinggevend. De verschillen tussen beide opleidingstypen bleven weliswaar steeds bestaan, maar ze werden kleiner. Illustratief in dit verband is de beslissing die eind 1849 genomen werd om de studenten uit de hoogste klassen van het *Gewerbe-Institut* toestemming te verlenen colleges aan de Berlijnse universiteit te volgen.<sup>187</sup> Een andere belangrijke ontwikkeling die het gewijzigde karakter van het *Gewerbe-Institut* symboliseert, was de vernieuwing van het docentenkorps in 1850. Nadat op 1 april 1849 alle docenten van hun functie ontheven werden en de reorganisatie-commissie als een van haar taken kreeg, om te bezien 'ob und in wie weit das jetzige Lehrpersonal beizubehalten sei', traden in 1850 twee nieuwe chemie-docenten aan, Rammelsberg en Magnus, die beiden afkomstig waren van de universiteit.<sup>188</sup> Rammelsberg richtte een nieuw chemisch laboratorium in, waar - evenals in Wenen - voortaan praktisch-chemisch onderricht gegeven werd in het kader van het onderwijs in de algemene en analytische chemie.

Ook in Karlsruhe vormden de gewijzigde politieke verhoudingen na 1848 een klimaat dat gunstig was om, door sommigen reeds langer gewenste, hervormingen door te zetten. Motor achter de reorganisatie van het chemisch onderwijs vormde de chemicus Karl Weltzien, die vanaf 1841 als docent en buitengewoon hoogleraar (landbouw)chemie aan de 'Forstschule' van het polytechnikum verbonden was. Als leerling van Gmelin en Mitscherlich was hij goed met de nieuwere chemische theorieën vertrouwd en als docent landbouwchemie stond hij onder de invloed van Liebig's denkbepelden op dat terrein.<sup>189</sup>

Weltzien bekritiseerde herhaaldelijk het onderwijs van de verantwoordelijke hoogleraar chemie Walchner en bepleitte bovenal de bouw van een nieuw laboratorium, waarin het onderwijs volgens de door Liebig gepraktiseerde methode kon worden georganiseerd. Eind 1849 startte hij, gesteund door de toenmalige rector van de school, de bosbouwkundige Klauprecht, een campagne om Walchner uit diens ambt te verdrijven. De Badense regering koos van meet af aan voor Weltzien partij, liet hem in januari 1850 een 'Denkschrift' schrijven over de noodzaak een chemisch laboratorium te bouwen, gaf hem in de zomer van 1850 verlof om een studiereis langs de laboratoria in Giessen, Wiesbaden, Darmstadt en Marburg te maken, en benoemde hem in november van dat jaar in Walchners plaats. Walchners leeropdracht werd tot de mineralogie beperkt en de chemie werd hem ontnomen 'weil die Leistungen des Bergrathes Dr. Walchner in diesem Fach völlig ungenügend waren, und er sich der Aufgabe nicht mehr gewachsen zeigte.'<sup>190</sup> Hierbij ging het vooral om Walchners gebrekkige beheersing van de organische chemie. Een vrijwel identieke formulering was enige jaren daarvoor tegen Meissner gebruikt.

Borscheid, op wiens onderzoek bovenstaande is gebaseerd, geeft de vervanging van Walchner weer als een geval van te kort schietende vakbekwaamheid en zet hem neer als een 'chemicus' die niet 'met zijn tijd zou zijn meegegaan'. Hier

wordt, mijns inziens, het meest essentiële aspect van de transformatie van het polytechnische onderwijs gemist: de vervanging van de polytechnisch georiënteerde chemie-docent, door de discipline-georiënteerde chemicus-onderzoeker. Net als dit bij Meissner het geval was, stond er veel meer ter discussie dan de mate van vakbekwaamheid alleen. Volledig verschillende visies op het doel van de polytechnische school en de taken van de daaraan verbonden docenten, botsten met elkaar.

Walchner was helemaal geen 'chemicus' in de zin dat Weltzien dat was. Hij was jarenlang de directeur van de 'höhere Gewerbeschule' geweest, de verantwoordelijk man, kortom, voor de fabrikantenopleiding. Dát was zijn allesoverheersende, sterk met dat van Prechtel te vergelijken oriëntatiekader. Terwijl Weltzien hem, vanuit een disciplinair gezichtspunt, als weinig 'vakbekwaam' trachtte te desavoueren, verdedigde Walchner zich door aan 'die Aufgabe der polytechnischen Schule, der Zweck, den sie zu erfüllen hat' te refereren.<sup>191</sup> In zijn ogen, zo kan men uit zijn stellingname vermoeden, was de school er om ambachtslieden en kleine industriële - brandewijnstokers, azijnmakers etc. - op te leiden en niet voor de wetenschappelijke scholing van technische chemici. Walchner zag 'somit kein Grund vorhanden.. ein .. viel grösseres .. Laboratorium zu erbauen.'<sup>192</sup> Voor een chemicus zou dit een welhaast onbegrijpelijke stellingname zijn. Walchner was dan ook gericht op de bloei van de school als geheel, niet op de groei van één van de betrokken disciplines. Beter dan aan een laboratorium, kon het daarvoor beschikbare geld besteed worden aan de verbetering van vele bestaande onderwijsvoorzieningen, in het bijzonder voor lokaliteiten voor het tekenonderwijs, de modellen-verzameling, de bibliotheek, de natuurhistorische collectie en voor een aula.<sup>193</sup> Hier was een polytechnicus aan het woord, geen chemicus, dat moge duidelijk zijn.

Twee verschillende, niet tot elkaar te herleiden onderwijs-politieke en didactische paradigma's stonden zo tegenover elkaar. Deze paradigma's correspondeerden met twee verschillende segmenten binnen het 'Wirtschaftsbürgertum' - de ambachtelijke en klein-industriële middenstand en de hogere, op de waarden van de 'Bildungsbürger' gerichte, industriële burgerij. Zeer nadrukkelijk werd het spanningsveld tussen beide groepen - en hun verschillende relatie met de wetenschap - in 1845 verwoord in de Württembergse Landdag. De afgevaardigde Hassler bepleitte daar dat onderwijs in de technologie en in de concrete produktie-methoden gegeven zou moeten worden aan het Stuttgarter polytechnikum, onderwijs dus in (o.a.) de 'speciale technische chemie'. Het onderwijs van docenten als Fehling zou, zijn inziens, veel te veel op de wetenschappelijke chemie zijn gericht. Juist voor de kleine ambachten zou iets moeten worden gedaan, daar:

.. dieser (Bürger-)Stand .. besonders in den sogenannten kleineren Gewerben von einer furchtbaren Gefahr der Umwälzung bedroht [ist] durch die Konkurrenz der Fabriken, welche unterstützt sind durch das Fortschreiten der Wissenschaften, der Chemie besonders und der Mechanik, ..<sup>194</sup>



**Tabel 9.2: Het ontstaan van speciale studierichtingen technische chemie in de Duitse polytechnische scholen.**

Polytechnische school	Start chemisch curriculum en/of bouwjaar laboratorium (fase 3) <sup>1</sup>	Instelling tweede chemische leerstoel	Oprichting chemische 'Fachschule' (fase 4)
Wenen	1845/52 <sup>2</sup>	1856 <sup>3</sup>	1865
Dresden	1846/51	1850 <sup>4</sup>	1865
Karlsruhe	1847	1851	1847
Praag	1850	1864	1863
Berlijn	1850	1850	1860
Hannover	1853/7 <sup>5</sup>	1858	1880
Stuttgart	1854 <sup>6</sup>	1862	1862
Zürich	1855	1855	1855
Brunswijk	1855	1862	1862
Darmstadt	1859 <sup>7</sup>	1863 <sup>?</sup>	1868
München	1868	1868	1868

Opm.: ? = vermoedelijk; de scholen zijn chronologisch geordend op basis van het startjaar van speciale curricula voor de technisch-chemische beroepen en/of de bouw van analytisch-chemische laboratoria (kolom 2). Ter vergelijking zijn de jaartallen waarin een tweede chemische leerstoel werd ingesteld en een 'chemisch-technische Fachschule' werd opgericht toegevoegd; 1. Voor de indeling in fasen, zie § 9.2. Enige specialisatie in de technisch-chemische richting op basis van advies-programma's (Weense type) of door de invoering van een praktisch gericht laatste studiejaar (Pruisische type) vond al eerder plaats: Wenen (1816); Praag (1817); Berlijn (1829); Hannover 1831; Karlsruhe (1832); Brunswijk 1835; Dresden 1835/38; Darmstadt 1836/39; Stuttgart 1838 (zie § 9.2); 2. In 1845 startte de cursus voor 'Analytiker', in 1852 werd de 'Lernfreiheit' afgeschaft; 3. Ook van 1816 tot 1845 bestonden er twee chemische leerstoelen in Wenen; 4. Een hiervan was een gecombineerde leerstoel fysica en theoretische chemie; 5. In Hannover waren de curricula vanaf 1848 strakker gestructureerd. Mijlpalen voor het chemische onderwijs waren de start van een nieuwe technisch-chemische cursus (1853), de opening van een nieuw analytisch-chemisch laboratorium (1854) en de aanstelling van een assistent; 6. In Stuttgart ontstond een speciaal curriculum voor technische chemici (geleidelijk) tussen 1847 en 1854. In de tabel is het jaar 1854 aangehouden, toen het nieuwe analytisch-chemische laboratorium geopend werd; 7. De *Höhere Gewerbeschule* te Darmstadt kreeg in 1845 de beschikking over een goed geoutilleerd chemisch laboratorium, maar zover ik heb kunnen nagaan startte er toen nog geen specifieke training voor analytische chemici. Als start van de chemische opleiding is het jaar 1859 gekozen toen de 'Fachabteilung' technische chemie werd ingesteld. Tussen 1836 en 1859 bestond er reeds een 'chemisch-technische Fachklasse', maar deze was niet strikt van de 'mechanisch-technische Fachklasse' gescheiden.

Bron: bijlage D en de daar vermelde literatuur.

De sociale en politieke verhoudingen na 1848 gaven vooral de hogere burgerij de wind in de rug. De vruchten van de Julirevolutie werden eindelijk geoogst.

Na de hervormingen in Karlsruhe volgden in de loop van de jaren 1850 ook de meeste andere polytechnische scholen. In tabel 9.2 zijn de relevante jaartallen die betrekking hebben op de verschillende fasen uit de geschiedenis van het chemische onderwijs, op de bouw van analytische laboratoria, op de instelling van een tweede chemische leerstoel en op de oprichting van 'Fachschulen', bijeengebracht. De scholen staan opgesomd in de volgorde waarin zij kwamen tot het instellen van een speciaal (verplicht) curriculum voor chemici, of, indien dit eerste niet achterhaald kon worden, wanneer er een apart analytisch-chemisch laboratorium werd gebouwd (2e kolom). De tabel laat zien dat binnen tien jaar (1845-1855) vrijwel alle polytechnische scholen opleidingen startten voor hen 'die Chemie speziell als Beruf gewählt' hadden.

Bijna overal was daarbij de verantwoordelijkheid voor en de plaatsing van het onderwijs in de praktische en de analytische chemie van de technische chemie naar de algemene chemie verhuisd. In Wenen stond Schrötter aan het hoofd van het practicum, in Berlijn was het Rammelsberg, en niet de docent chemische technologie Magnus. In Karlsruhe leidde niet de technische chemicus Seubert het laboratorium, maar de hoogleraar algemene chemie Weltzien. Alleen in Dresden en Brunswijk bleef op dit punt het traditionele onderwijsmodel van kracht. Nog in 1862 besliste de schoolleiding in Brunswijk dat het chemische laboratorium onder de verantwoordelijkheid van de nieuw te benoemen leerstoelhouder chemische technologie moest worden gebracht 'da die Anstalt eine Technische sei'.<sup>195</sup> De zittende hoogleraar chemie en farmacie F.J. Otto probeerde enkele belangrijke Duitse chemici, waaronder Wöhler en Liebig, ertoe te bewegen bij de Brunswijkse overheid te protesteren tegen deze 'Ungereimte .. Trennung' van het chemisch practicum van de algemene chemie. Hij behaalde een gedeeltelijk succes. Als compromis kon hij zijn laboratorium in de vorm van een farmaceutisch-chemisch laboratorium behouden, terwijl een nieuw technisch-chemisch laboratorium voor de ordinarius chemische technologie werd gebouwd.<sup>196</sup> Brunswijk en Dresden waren echter uitzonderingen. In het algemeen waren universiteiten en polytechnische scholen op het gebied van de chemie dicht bij elkaar komen te staan. Een van de belangrijkste onderdelen van het chemisch onderwijs aan beide typen instellingen vormde het theoretische en praktische onderwijs in de analytische chemie. De in 1854/55 opgerichte nieuwe Zwitserse polytechnische school in Zürich doopte de algemene, dat wil zeggen de niet-technische, chemische leerstoel zelfs 'analytische chemie'. Dit was de eerste leerstoel in Europa in de analytische chemie. Dit specialisme vormde de cognitieve kern waar omheen, binnen de veranderende randvoorwaarden die door de ontwikkelingen in de 'wiskundige' ingenieursvakken werden gesteld (zie § 9.3), de beroepskwalificatie van de nieuwe 'Chemiker von Fach' zich uitkristalliseerde.

Toen in 1851 in Londen de beroemde Wereldtentoonstelling gehouden werd was het transformatieproces van het polytechnische scheikunde-onderwijs nog in volle gang. Toch waren er reeds toen in Wenen, Dresden, Karlsruhe, Praag en

Berlijn een aantal opleidingen ontstaan die volledig waren toegesneden op de training van jonge chemici. Gecombineerd met de, recente, chemische en reeds langer bestaande farmaceutische opleidingen aan de universiteiten zorgde dit voor een aanzienlijk aanbod van chemici voor de industrie. Dit aanbod was door de politieke versnippering van Duitsland en de daaruit resulterende concurrentie tussen een groot aantal gelijke instellingen, groter dan in enig ander Europees land. Het Pruisische *Amlicher Bericht* van de tentoonstelling in Londen vermeldde dan ook trots (in Landes' vertaling):

most of our manufacturers are in a position, because of a much stronger scientific education, and because of the ease with which they [can draw], partly on our array of pharmacists, whose scientific knowledge goes far beyond that of the apothecaries of other countries, partly on the large number of young chemists, to obtain at any time the kind of help that is only rarely to be had elsewhere and then only with great expenditure. These circumstances enable them to compose, alongside the most extensively active products of the trade, a great many preparations that can be entrusted only to educated and experienced men.<sup>197</sup>

Een groep personen die zich op basis van hun opleiding als 'Chemiker von Fach' presenteerden, was definitief op de Duitse arbeidsmarkt verschenen.



## SLOTBESCHOUWING

Ontwikkelingen die de historicus kan signaleren door de langere tijdschaal die hij kiest, gaan aan de tijdgenoten vaak ongemerkt voorbij. Met de opkomst van het nieuwe beroep van chemicus was dat echter niet het geval. Ook tijdgenoten die terugblikten op hun eigen opleidingstijd zagen dat er grote veranderingen hadden plaatsgevonden. De Leipziger hoogleraar in de technische chemie Otto Linné Erdmann (1804-1869), die zelf na een korte opleidingstijd in een apotheek (1817-1819) geneeskunde gestudeerd had (1820-1824) en daarna het jaar voordat hij hoogleraar werd de technische leiding over een nikkelfabriek had gehad (1826-1827), schetste in 1861 de historische ontwikkeling aldus:

Während (die Chemie) früher fast nur Hilfswissenschaft der Medicin und Pharmacie war, wählen jetzt Viele die Chemie zu ihrem Lebensberufe und die Personalverzeichnisse der deutschen Universitäten, an welchen grössere Laboratorien bestehen, führen eine der früheren Zeit ganz unbekannte Kategorie von Studirende auf: die Studirende der Chemie.<sup>1</sup>

Men kan deze verandering constateren, maar daarmee is over de oorzaken ervan nog niets gezegd. In de inleiding van dit boek is uiteengezet dat het ontstaan van nieuwe beroepen een betrekkelijk onontgonnen terrein van het historische en sociologische onderzoek is. De beschikbaarheid van bronnen is daarbij één probleem, maar een minstens zo groot vraagstuk is de kwestie op welke wijze de constructie van een nieuw modern beroep en de daarbij behorende arbeidsmarkt onderzoekbaar gemaakt kunnen worden. Moderne beroepen zijn, om Moks omschrijving te hanteren, 'geïstitutionaliseerde en gelegitimeerde kaders rond bepaalde delen van de maatschappelijke arbeidsverdeling',<sup>2</sup> waarin invloeden van het onderwijsstelsel, van de functies waarin de beroepsbeoefenaren zijn aangesteld, en van de arbeidsmarktposities van verwante 'aangrenzende' beroepen samenkomen. In hoofdstuk 1 heb ik betoogd dat de institutionele geschiedschrijving van het opleidingsstelsel een bruikbare onderzoeksstrategie kan bieden om het ontstaan van moderne beroepen te traceren en te begrijpen. In het geval van de opkomst van het beroep van chemicus - in het bijzonder in relatie tot het ontstaan van beroepsmogelijkheden binnen de industrie - komt dan vooral een bestudering van het polytechnische onderwijs in aanmerking.

In deze slotbeschouwing zal geformuleerd worden welke conclusies er op basis van de vorige hoofdstukken over het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland te trekken zijn. Tevens kan dan de hierboven aangeduide onderzoeks-

strategie op zijn waarde worden getoetst. Aangezien de ontwikkeling van het onderwijsstelsel centraal gestaan heeft en niet de beroepsuitoefening van de chemici is voorzichtigheid geboden. De paragraaf over de functies waarin chemici werkzaam waren, waarin verschillende gegevens die in de voorgaande hoofdstukken verspreid staan worden samengevat, heeft dan ook voornamelijk een beschrijvend karakter (§ 10.2). De paragraaf dient ertoe om de opkomst van het moderne beroep van chemicus te schetsen tegen de achtergrond van de beroeps- en opleidingspraktijk zoals die bestond. Daarna volgt een paragraaf waarin over de oorzaken van de veranderingen binnen de polytechnische chemische opleidingen zal worden gediscussieerd en de vraag zal worden gesteld in hoeverre hierdoor inzicht verkregen is in de beroepsontwikkeling (§ 10.3). Voordat ik tot de behandeling van die vraagstukken overga schets ik echter eerst een beeld van de chemische beroepsgroep na 1850 waarin ik laat zien hoe het beroepssegment van de polytechnische chemici steeds verder met het universitaire beroepssegment integreerde.

## 10.1 De chemische beroepsgroep na 1850

Beroepen en beroepsgroepen zijn geen statische fenomenen. Het zou dan ook onjuist zijn om te veronderstellen dat tussen ongeveer 1840 en 1850 'het' beroep van chemicus in Duitsland ontstond en 'de' opleiding tot chemicus definitief het licht zag. De formulering van de eerste studieprogramma's voor 'Chemiker von Fach' in de jaren '40 van de negentiende eeuw is in het vorige hoofdstuk beschreven als het sluitstuk van een ingrijpende transformatie van het chemische onderwijs, het was echter tevens het begin van nieuwe veranderingsprocessen. Ook na 1850 zouden het Duitse chemische onderwijs en de beroepssituatie op het gebied van de chemie nog decennia lang in beweging blijven. Vooral de periode 1850-1870 was een ware overgangstijd. De in hoofdstuk 1 reeds genoemde voorlichtingsbrochures voor leraren en chemie-studenten van Stein (1857), Erdmann (1861) en Buff (1868) wijzen daar op. Deze auteurs achtten het namelijk nodig, zoals ze zelf formuleerden, een woord van 'Mahnung oder Warnung' uit te spreken tegenover de studenten zodat deze daar bij hun studieplanning hun voordeel mee zouden kunnen doen.<sup>3</sup> Blijkbaar was het optimale studieprogramma voor toekomstige chemici nog lang niet uitgekristalliseerd en zat men op het gebied van de didactiek en het curriculum nog aan het begin van de leercurve. Steins pleidooien voor een betere afstemming tussen alle niveau's van het middelbare en hogere chemische onderwijs, nu de chemie diepgaander dan voorheen werd bestudeerd, wijzen in dezelfde richting.<sup>4</sup> Net als bij technische innovaties is het ontstaan van een nieuw beroep niet het plotselinge ontstaan van een nieuwe entiteit waarvan vervolgens onproblematisch gebruik gemaakt kan worden, maar een proces waarin rond dat beroep een heel nieuw systeem of netwerk ontstaat, waarbinnen talloze zaken die het onderwijs, de arbeidsmarkt en de beroepsuitoefe-

ning betreffen onderling op elkaar worden afgestemd.<sup>5</sup>

De periode 1850-1870 was ook een overgangstijd omdat er nog grote onderlinge verschillen tussen de instellingen waren. Zoals ik in hoofdstuk 9 heb laten zien was het slechts een kleine voorhoede van de universiteiten en polytechnische scholen, die vóór 1850 aparte onderwijsprogramma's voor chemici tot stand bracht en nieuwe laboratoria inrichtte voor het analytisch-chemische onderwijs. De rest van de instellingen volgde in de twee decennia daarna, zodat omstreeks 1870 de nieuwe koers in het chemische onderwijs aan alle Duitse universiteiten en polytechnische scholen was ingeslagen.<sup>6</sup> In dezelfde tijd veranderde ook de verhouding tussen de universiteit en de polytechnische school. Sinds in jaren 1840 de polytechnische scholen en de universiteiten in elkaars vaarwater waren geraakt en in een onderlinge concurrentiepositie kwamen te staan, steefden de polytechnische scholen een voortdurende niveauverhoging van hun onderwijs na en ambieerden ze de universitaire status.

Aan het begin van de periode waren er reeds een paar polytechnische scholen, met name die in Karlsruhe en Wenen, die zich wat betreft hun laboratoriumvoorzieningen en de omvang van hun chemische onderwijs met een aantal universiteiten konden meten, zonder dat hun onderwijs overigens op alle fronten met het universitaire overeenkwam. Andere polytechnische scholen brachten het niveau van hun onderwijs pas tussen 1850 en 1870 omhoog. Wat betreft het cursorische gedeelte van het onderwijs - zoals de colleges theoretische chemie en de praktische cursussen in de kwalitatieve en de kwantitatieve anorganische analyse - was het niveauverschil tussen de universiteiten en de meeste polytechnische scholen niet groot. Het werkelijke onderscheid betrof het scheikundige onderzoek. Aan verschillende universiteiten - en omstreeks 1870 aan alle - bestond er de mogelijkheid om na de afronding van de basiscursussen onderzoek te doen, hetgeen doorgaans leidde tot een promotie. De polytechnische scholen hadden niet alleen geen promotierecht, maar kenden in de jaren 1850 meestal ook de mogelijkheid tot het doen van chemisch onderzoek niet. Daar sinds Liebig's publicitaire campagnes uit het begin van de jaren 1840 het doen van onderzoek door vele chemici - maar niet door alle - als een essentieel onderdeel van de opleiding tot chemicus beschouwd werd, waren de polytechnische scholen vanuit die optiek tussen 1850 en 1860 tweederangs opleidingen. Ook het studieverloop van verschillende studenten wijst in die richting. Op basis van de biografieën van verschillende chemici blijkt namelijk dat het tussen 1850 en 1870 niet ongebruikelijk was dat zij hun studie na een voltooide chemische opleiding aan een polytechnische school voortzetten aan een universiteit. Blijkbaar diende in hun ogen de polytechnische chemische basisopleiding met een scholing in het zelfstandig uitvoeren van onderzoek te worden aangevuld.<sup>7</sup> Het is daarbij overigens opvallend dat deze migratie naar een universiteit, voor zover de beschikbare biografische gegevens die conclusie toelaten, veel minder vaak voorkwam in het geval van de Oostenrijkse polytechnische scholen (Wenen, Praag, Graz, Brunn) en bij het *Gewerbe-Institut* in Berlijn. Studenten van die scholen gingen na de voltooiing van hun opleiding direct de industrie of het onderwijs in.<sup>8</sup>

Deze gegevens over de verschillen tussen de polytechnische scholen en de universiteiten en over het opleidingspatroon van de studenten doen vermoeden dat er in de periode 1850-1870 geen sprake was van een homogene chemische beroepsgroep. De brochures van Stein en Erdmann bevestigen dat beeld. Met name Erdmann maakte een duidelijk onderscheid tussen de 'technische Chemiker', of 'Techniker', die alleen de basisopleiding voltooid had, en de 'wissenschaftliche Chemiker' die geleerd had zelfstandig een bepaald wetenschappelijk vraagstuk op te lossen.<sup>9</sup> 'Technische chemici' werden voornamelijk aan de polytechnische scholen opgeleid, maar ook wel aan de universiteiten, terwijl de 'wetenschappelijke chemici' aanvankelijk alleen aan de universiteiten studeerden. Men kan beide groepen als twee segmenten van de zich toen formerende chemische beroepsgroep zien, en tevens als een teken van de dubbele ontstaansgeschiedenis van de opleiding tot chemicus (zie § 10.3).

Dat het om segmenten binnen één beroepsgroep ging en niet om twee aparte beroepen, blijkt niet alleen uit de grote onderlinge beïnvloeding tussen de universiteiten en de polytechnische scholen op het gebied van het chemische onderwijs en uit de mobiliteit van de studenten, maar ook uit het feit dat toen in Berlijn in 1867 de *Deutsche chemische Gesellschaft* werd opgericht chemici van de Berlijnse *Gewerbe-Akademie* tot de oprichters behoorden en universitaire en polytechnische chemici zonder onderscheid lid werden van de vereniging. De vereniging was, volgens haar eerste voorzitter A.W. Hofmann, 'ganz eigentlich dazu bestimmt den Vertretern der speculativen und der angewandten Chemie Gelegenheit zum gegenseitigen Ideenaustausche zu geben, um auf diese Weise die Allianz zwischen Wissenschaft und Industrie aufs Neue zu besiegeln'.<sup>10</sup>

Tegen de tijd dat de *Deutsche chemische Gesellschaft* werd opgericht, hadden de leiders van de technisch-chemische afdelingen van de meeste Duitse polytechnische scholen zich reeds bijzonder ingespannen om door een reeks van maatregelen de verschillen met de universiteiten zo klein mogelijk te maken. Manegold en anderen die over de geschiedenis van de Duitse polytechnische scholen schreven, hebben de gehele periode tussen 1860 en 1900 gekarakteriseerd als een periode van voortdurende emancipatiestrijd, die pas eindigde toen omstreeks 1900 aan deze instellingen het promotierecht werd verleend.<sup>11</sup> Op het gebied van de chemie bereikten de polytechnische scholen, het promotierecht uitgezonderd, reeds veel eerder een gelijkwaardige positie.<sup>12</sup> De reden hiervoor ligt ongetwijfeld in de omstandigheid dat de chemie het enige vak was waarin men zowel aan de universiteit als aan de polytechnische school kon afstuderen. Omstreeks 1870 waren alle andere technische vakken - zoals de werktuigbouwkunde, de bouwkunde en de civiele techniek - overal in Duitsland definitief van de universiteiten naar de polytechnische scholen overgegaan. Op die terreinen bestond er wel een prestigeslag met de universiteiten en een streven naar statusverhoging, maar was er geen directe concurrentiestrijd en geen noodzaak zich in te spannen om de studenten aan de eigen instelling te binden. Voor de chemie was dat laatste juist wel het geval.



Tussen 1860 en 1875 schroefden vrijwel alle polytechnische scholen hun toelatingseisen op, verhoogden de minimumleeftijd waarop een student tot de school kon worden toegelaten, verlengden de cursusduur en voerden, als alternatief voor de promotie, eindexamens en eindexamen's in. Zürich was in 1855 de eerste polytechnische school die de mogelijkheid tot zo'n 'Diplomprüfung' bood, Graz deed dit in 1864, Karlsruhe en Wenen in 1865, en de meeste andere polytechnische scholen volgden in het decennium daarna.<sup>13</sup> De gediplomeerden kregen de titel 'technische Chemiker'. In Karlsruhe en Berlijn ging het echter om een diploma voor 'Chemiker', want die scholen hadden zich in het begin van de jaren 1860 aanhangers van de door Liebig verdedigde opvatting betoond dat chemici niet in soorten bestonden, maar dat er alleen 'Chemiker' waren, geschikt voor zowel de wetenschap als de industrie. Mogelijk had men zich ook van het odium van tweederangs chemicus willen bevrijden welke de term 'technische Chemiker' soms aankleefde. Terwijl alle polytechnische scholen die 'Fachschulen' kenden hun chemische afdeling 'technisch-chemische Schule' hadden gedoopt, stelde Berlijn in 1860 een afdeling voor 'Chemie und Metallurgie' in (die in 1871 gesplitst werd in aparte afdelingen 'Chemie' en 'Metallurgie'). Karlsruhe volgde in 1862 toen de naam van de 'technisch-chemische Schule' in 'chemische Schule' gewijzigd werd.

Ook het doen van chemisch onderzoek werd in de loop van de jaren 1860 steeds gebruikelijker. In Zürich stimuleerde de hoogleraar technische chemie P.A. Bolley direct vanaf de oprichting van de school in 1855 de studenten tot het doen van onderzoek. In verschillende tijdschriften zijn hun publicaties aan te treffen. Aan het begin van de jaren 1870 was de Zürichse polytechnische school, die vooraanstaande chemici als Johannes Wislicenus, Emil Kopp en Victor Meyer had weten aan te trekken, uitgegroeid tot een van de meest gerenommeerde Duitse onderzoekscentra op het gebied van de technische- en de organische chemie.<sup>14</sup> Ook de polytechnische school te Berlijn - waar Adolph Baeyer in de jaren 1860 een onderzoeksgroep formeerde - kon zich op het gebied van het onderzoek omstreeks 1870 zonder meer meten met de universiteit. Hetzelfde was voor de scholen in Wenen en München het geval. De grenzen tussen het universitaire en het polytechnische segment van de chemische beroepsgroep verdwenen zo steeds meer. In de laatste decennia van de negentiende eeuw riep de term 'technische Chemiker' geen directe associaties meer op met de polytechnische scholen. Het was de naam geworden waarmee industriële chemici werden aangeduid, onafhankelijk van het feit of deze nu van de universiteit of van de polytechnische school afkomstig waren.<sup>15</sup> De meeste polytechnische scholen konden zonder bezwaar hun chemische afdeling 'technisch-chemische Abteilung' (of 'Schule') blijven noemen, want hun chemische opleidingen stonden niet (meer) als tweederangs te boek.

De belangrijke veranderingen die tussen 1850 en 1870 plaatsvonden op het gebied van het hogere onderwijs - de verbreiding van de innovaties uit de jaren 1840 over alle instellingen; en de opname van een scholing in het doen van chemisch

onderzoek in de lesprogramma's van de polytechnische scholen - heb ik hierboven vooral als het resultaat van een concurrentieproces beschreven. Dit is ongetwijfeld een wezenlijk facet. Daarnaast kan men hetzelfde proces ook ideeënhistorisch beschrijven als de verbreiding van de voor het eerst krachtig door Liebig verwoorde visie dat wetenschappelijk geschoolde chemici ook bij uitstek de chemici zouden zijn waar de industrie iets aan had. Beide aspecten vullen elkaar aan. Docenten interpreteerden de concurrentieverhoudingen vanuit het Liebigse credo (of juist niet) en zochten in die richting (of juist niet) naar mogelijkheden om de positie van hun instelling te versterken. Studenten hadden, al dan niet beïnvloed door Liebigs *Chemische Briefe* of door hun docenten, opvattingen over de waarde van bepaalde opleidingsroutes voor hun positie op de arbeidsmarkt en besloten, bijvoorbeeld, na de polytechnische school nog naar de universiteit te gaan (of juist niet).

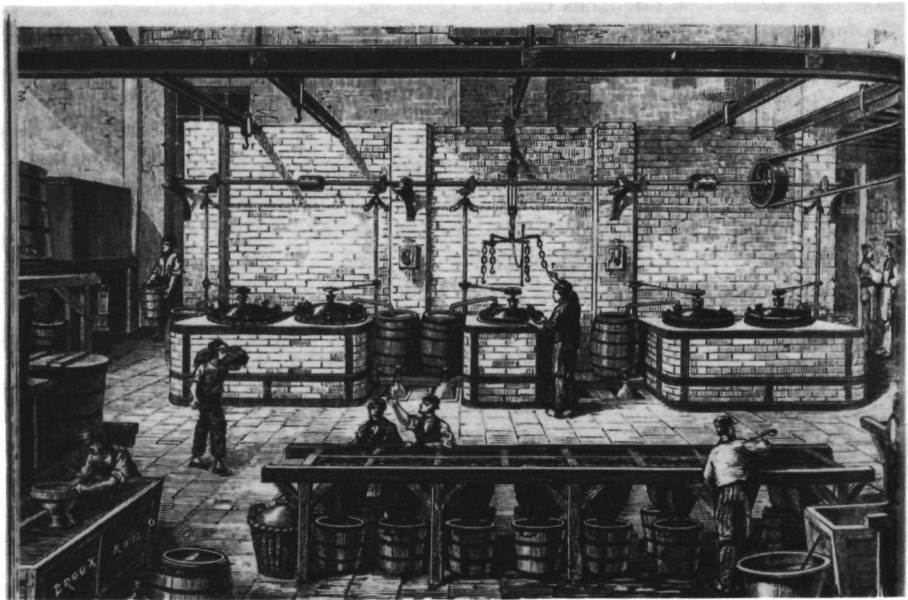
Liebigs opvatting dat 'ein wahrhaft wissenschaftlicher Unterricht' de student 'fähig und empfänglich für alle und jede Anwendung' zou maken zodat toepassingen als vanzelf zouden ontstaan, had verschillende aanhangers, vooral onder zijn vrienden en onder zijn vele leerlingen, maar kende ook tegenkanting.<sup>16</sup> In de vorige hoofdstukken zijn verschillende personen aan het woord geweest, waaronder de Badense staatsman Nebenius en de Karlsruher professor Walchner, die verdedigden dat het onderwijs aan wetenschapsmensen en aan hogere technici op een verschillende wijze gegeven zou moeten worden. Na 1850 hadden de hierboven geciteerde Erdmann en ook Buff een vergelijkbaar standpunt ingenomen. Hoewel er parallellen zijn tussen hun opvattingen en de oudere onderwijspraktijk op de universiteiten en de polytechnische scholen, waarin ieder op basis van zijn toekomstig beroep een keuze kon maken uit het cursusaanbod, stond bij hen het idee niet ter discussie dat een opleiding tot chemicus zich kwalitatief onderscheidde van de opleidingen tot medicus, farmaceut, landbouwkundige of metallurg. In dat opzicht weken ze niet van de onderwijspraktijk in Giessen af. Zowel de chemicus zelf als de werkgever waren er echter, zo was Buffs redenering, bij gebaat dat er een meer toegespitste voorbereiding op de toekomstige functie plaatsvond.<sup>17</sup>

Naarmate steeds meer leerlingen en medestanders van Liebig op leerstoelen aan de Duitse universiteiten en polytechnische scholen benoemd werden, raakten degenen die het chemische onderwijs op een gedifferentieerde wijze op de verschillende beroepsposities wilden afstemmen in de minderheid. Zonder slag of stoot zegevierde de nieuwe visie op de inrichting van het chemische onderwijs overigens niet. Aan de universiteit te Marburg moest de chemie-hoogleraar Hermann Kolbe, die bij Liebigs boezemvriend Wöhler in Göttingen had gestudeerd, de opvattingen van Liebig in 1863 in een 'Rechenschaftsbericht' aan de senaat verdedigen.<sup>18</sup> En de opvattingen van Erdmann werden in 1862 onder vuur genomen door Liebigs leerling Emil Erlenmeyer, die toen privaatsdocent in Heidelberg was.<sup>19</sup> Toen Erlenmeyer in 1868 hoogleraar aan de polytechnische school te München werd, introduceerde hij het Liebigse onderwijsmodel ook aan die school. Op het gebied van de chemie, zo verklaarde hij in 1871, was er geen

enkel verschil tussen de universiteit en de polytechnische school. Beide typen instellingen dienden de studenten tot 'Forschern und Entdeckern im Gebiete der wissenschaftlichen und technischen Chemie heranzubilden.'<sup>20</sup>

Hand in hand met de verbreiding van dit soort opvattingen onder de Duitse hoogleraren in de chemie veranderde ook de rol van de analytische chemie binnen de opleiding. Dit vak speelde, zoals ik in het vorige hoofdstuk heb aangegeven, een centrale rol in de hervorming van het curriculum welke vanaf het begin van de jaren 1840 plaatsvond. Het was sindsdien overal de spil van de opleiding en het leervak bij uitstek waarin het chemische beroepsethos werd aangekweekt. De vorming van zo'n beroepsethos wordt binnen de 'sociology of professions' als een belangrijke dimensie van het professionaliseringsproces beschouwd en als een teken dat er werkelijk van een beroepsgroep sprake is.<sup>21</sup> Het is opvallend dat juist in leerboeken analytische chemie soms uitvoerige beschouwingen te vinden zijn over de gedragscode waaraan de chemicus zich zou moeten houden. Fresenius bijvoorbeeld, stelde dat voor de succesvolle uitvoering van chemische analyses de chemicus moest beschikken over ten eerste 'theoretische Kenntnisse', ten tweede 'manuelle Geschicklichkeit' en ten derde 'strenge Gewissenhaftigkeit'. Wanneer een analyse in duplo wordt uitgevoerd en de resultaten niet goed overeenstemmen moet men de analyse nogmaals uitvoeren, zo was zijn eis. 'Wer diese Selbstüberwindung nicht hat, wer Mühe scheut, wo es sich um die Wahrheit handelt, ... , dem muss Fähigkeit und Beruf zur Ausführung quantitativer Analysen ebensogut abgesprochen werden, als wenn es ihm an Kenntniss oder Geschicklichkeit gebrähe'.<sup>22</sup> Ook het hoofdstuk over de chemische analyse in Erdmanns *Ueber das Studium der Chemie* staat vol gedragsregels voor 'angehende Analytiker'. Tot deze 'Grundregeln' behoren onder andere het vermijden van 'zwecklose Ueberschüsse' aan reagentia, het uitbannen van de 'geringste Unachtsamkeit', en het betrachten van de 'äusserste Reinlichkeit', want een 'unsauberer Analytiker wird leicht auch unsaubere Analysen zu Tage fördern'. Bovendien geeft Erdmann nog verschillende aanwijzingen hoe in publicaties de resultaten vermeld dienen te worden. Hij zag laboratoria dan ook niet alleen als werkplaatsen waar de juiste handgrepen geleerd konden worden, maar ook als 'Pflgestätten des rechten Geistes'.<sup>23</sup>

Uit de literatuur blijkt dat de Duitse universitaire en polytechnische hoogleraren in de chemie de door Liebig verwoorde stelling dat de 'Chemiker als Naturforscher, sich die vertrauteste Bekanntschaft mit der chemische Analyse ... erworben haben (muss)', vrijwel algemeen onderschreven, maar daarbij wel heel verschillende accenten legden.<sup>24</sup> In grote lijnen werden er in de periode 1840-1870 twee verschillende onderwijsmethoden gevolgd om de studenten de laboratoriumtechnieken en gedragsregels van de analytische chemie bij te brengen. De eerste methode kwam neer op het haast op militaire wijze drillen van de studenten in de uitvoering van de chemische analyses, volgens een vast patroon en met behulp van een zorgvuldig gecomponeerde handleiding die de studenten zo nauwkeurig mogelijk dienden te volgen. Het voordeel van deze methode was niet



**Afb. 40:** Vanaf haar ontstaan in 1858 groeide de Duitse synthetische kleurstofindustrie in een hoog tempo. Vooral na 1870 vonden vele chemici in deze bedrijfstak emplooi. De afbeelding toont de in 1863 opgerichte anilinerood-fabriek van de firma F. Bayer & Co. te Barmen (*Bayer AG, Bayer-Archiv*).

**Afb. 41:** Het interieur van de anilinekleurstoffenfabriek van de firma Poirrier te St. Denis bij Parijs. Net als in de vroegere 'chymische werkplaatsen' verliep de productie nog steeds via kleinschalige batchprocessen (*L. Figuier, Les merveilles de l'industrie, tome II (Paris 1874)*).

alleen dat zo een 'best practice' - een in de woorden van Fresenius 'strenges, fast scrupulöses Einhalten aller Bedingungen' - kon worden bijgebracht, maar ook dat er zo een oplossing geboden werd voor het probleem van de groeiende studenten-aantallen. Met behulp van een goede gedrukte handleiding kon een groot aantal studenten onderwijs krijgen, zonder dat de docent aan elke student veel aandacht hoefde te besteden.<sup>25</sup> De Duitse grootmeesters van de analytische chemie Remigius Fresenius en Robert Wilhelm Bunsen volgden deze methode in hun onderwijslaboratoria in Wiesbaden en Heidelberg en ook op verschillende chemisch-farmaceutische instituten en polytechnische laboratoria werd er volgens deze aanpak gewerkt.<sup>26</sup>

De aanhangers van de tweede onderwijsmethode volgden Liebigs bedoelingen nauwgezet en sloten veel dichter aan bij de onderwijspraktijk die Liebig in Giessen had geïntroduceerd. Voor hen was de chemische analyse geen doel op zich maar slechts een hulpmiddel bij de 'Naturforschung'. Het was weliswaar een onmisbaar hulpmiddel, maar het doel van het onderwijs diende primair te zijn de student te leren de juist vragen aan de natuur te stellen. Ieder experiment was, in Liebigs woorden, een 'in eine Erscheinung gebrachte Gedanke'.<sup>27</sup> Voor de aanhangers van deze onderwijsmethode, zoals Kolbe en Erlenmeyer, waren gedrukte handleidingen uit den boze. Een intensief contact tussen de docent en zijn studenten moest de basis vormen van het onderwijs. In het laboratorium diende hij de studenten tot 'Selbstdenken' aan te zetten. Echte wetenschap kenmerkte zich volgens Kolbe (1854) niet door de correcte uitvoering van de chemische analyse maar door de 'leitende Gedanken' die aan het experiment te grondslag lagen.<sup>28</sup>

Door Liebigs navolgers als Kolbe, Hofmann en Erlenmeyer, maar ook door vele andere chemici in die tijd, werden de 'leitende Gedanken' steeds vaker aan de theoretische vraagstukken van de organische chemie ontleend. Naarmate het Liebigse onderwijsmodel - althans de interpretatie daarvan door de vooraanstaande chemici uit de jaren 1850 en 1860 - meer en meer ingang vond aan de Duitse universiteiten en polytechnische scholen, raakte de analytische chemie steeds verder op de achtergrond, ten bate van de organische chemie. Chemici met een grondige kennis van de organische chemie waren, mits ook grondig in de andere takken van de chemie geschoold, zeer bruikbaar in de in Duitsland vanaf 1858 snel groeiende synthetische kleurstofindustrie.<sup>29</sup> De scholing in de chemische analyse bleef tot de universitaire en polytechnische basisopleiding behoren, maar steeds vroeger in de opleiding gaven de hoogleraren de student een nog onopge-lost 'Thema' op uit het uitgestrekte terrein van de organische chemie dat hij zelfstandig diende te onderzoeken. In de laatste decennia van de negentiende eeuw leidde deze praktijk, die ten koste van de breedte van de opleiding ging en de studenten minder vaardig maakte in het uitvoeren van anorganische chemische analyses, tot een scherpe reactie van de Duitse chemische industrie, die zich in 1877 in de *Verein zur Wahrung der Interessen der chemischen Industrie Deutschlands* had georganiseerd. Als eerste kwamen de leiders van de anorganische grootindustrie, zoals de Stassfurter kunstmestfabrikant Frank in 1874, met

klachten over de verwaarlozing van de 'Mineralanalyse'. Later sloten de kleurstoffabrikanten zich bij hen aan.<sup>30</sup> Ook na 1870 zouden de opleiding en de beroepsituatie van de chemicus in beweging blijven. Een voorlopig slot van de discussies werd in 1898 bereikt met de instelling van het zogenaamde 'Verbandsexamen', waarin men zowel de universitaire als de polytechnische studenten aan de tand voelde over alle deelterreinen van de chemie. Vanuit de optiek van de tweevoudige ontstaansgeschiedenis van de opleiding tot chemicus betekende dit dat daarmee de laatste rudimenten van de grens werden uitgewist die er ooit tussen het universitaire en het polytechnische beroepssegment bestaan had.

## 10.2

### Functies voor chemici

Kenmerkend voor een modern beroep is de situatie dat de leden van de beroepsgroep in een groot aantal verschillende functies werkzaam kunnen zijn. Die functies hebben hun eigen geschiedenis. Sommige bestonden mogelijk reeds lang voordat het moderne beroep ontstond, bij andere viel het ontstaan samen met de opkomst van de nieuwe beroepsgroep, weer andere functies ontstonden pas daarna. In de brochures die tussen 1857 en 1868 over de chemiestudie verschenen worden verschillende functies genoemd waarin chemici werkzaam zouden kunnen zijn. Aan de universiteiten en polytechnische scholen ging het om de functies van hoogleraar en assistent, en aan de 'Realschulen' en in een mindere mate aan de gymnasia was er de functie van leraar. In de industrie waren chemici werkzaam als fabrikant of bedrijfsleider, als colorist, als 'Analytiker', soms als metallurg, of als technicus betrokken bij de bouw en inrichting van fabrieken en installaties. Buiten dit alles waren er tenslotte, vooral in Engeland en slechts in geringe mate in Duitsland, de zogenaamde 'Consulenten' ('consulting chemists') die als vrijevestigde experts hun chemische kennis en vaardigheden aanboden.<sup>31</sup> Daarnaast is in de voorafgaande hoofdstukken een tweetal traditionele 'beroepen', of functies, vermeld die in 1850 niet meer bestonden, maar die in vroeger tijden als 'Chymici' te boek stonden: de hofalchemisten en de chymisten (of 'Laboranten').

Deze Duitse situatie kwam niet geheel met de toestand in andere landen overeen. In Engeland en Amerika bijvoorbeeld werd door het beroep van chemicus een ander beroepsdomein (andere functies) bestreken. Het voorbeeld van de 'consulting chemists' is hierboven reeds genoemd, maar ook de metallurgen werden in Duitsland meestal niet tot de chemici gerekend. In de hierboven aangehaalde brochures noemt alleen Erdmann de metallurgen terloops.<sup>32</sup> Terwijl in Duitsland in de tweede helft van de negentiende eeuw de chemici, de farmaceuten en de metallurgen als drie aparte beroepsgroepen beschouwd moeten worden, waren in Engeland en Amerika de grenzen tussen deze groepen veel minder scherp. In die landen kan men de metallurgen en de 'pharmaceutical chemists' mogelijk beter als segmenten binnen een brede chemische beroepsgroep opvat-

ten.<sup>33</sup> De reden voor zulke verschillen moet niet alleen in de ontwikkelingsgeschiedenis van het beroep van chemicus op zich worden gezocht. In Duitsland hadden de metallurgen en de farmaceuten zich reeds voor het ontstaan van de 'moderne chemicus' een vaste maatschappelijke plaats veroverd. Opleidingsinstituten als de 'Bergakademien' en de chemisch-farmaceutische scholen waren reeds voor 1800 opgericht, terwijl omstreeks 1820 eigen belangenorganisaties (als de apothekersverenigingen) volgden. In Engeland en Amerika waar de staat zich niet met het mijnbouwonderwijs bemoeide en ook veel minder regelend optrad in het geval van de farmacie, bleven zulke institutionaliseringsprocessen grotendeels uit of kwamen pas op gang tijdens of na de formatieve fase van het moderne chemische beroep. In de volgende paragraaf zal ik hierop nog terugkomen.

Bij de nu volgende min of meer chronologische behandeling van de geschiedenis van de verschillende functies die hierboven voor de Duitse situatie genoemd zijn, zal in het bijzonder op de opleiding of recrutering tot die functie worden gelet. Het is immers vooral dat aspect dat van belang is om te beoordelen welke de effecten van de veranderingen in het (polytechnische) onderwijs waren (§ 10.3).

Op de functie van de *hofalchemist* is eerder de term patronage dan de term beroep van toepassing. Wel blijkt uit de literatuur dat het in de late-zestiende en de vroege-zeventiende eeuw om een duidelijk herkenbare functie ging die aan veel Duitse en Italiaanse vorstenhoven bestond, hoewel die functie in verschillende gevallen met andere functies, bijvoorbeeld die van lijfarts, gecombineerd werd. Over de opleiding van deze hofalchemisten is niet veel meer bekend dan dat men bij elkaar in de leer ging, volgens het leermeester-gezel patroon.<sup>34</sup>

Sinds het begin van de zeventiende eeuw waren er aan verschillende Duitse universiteiten *hoogleraren in de chemie* verbonden. Tot ver in de achttiende eeuw waren dit uitsluitend medici, die naast de chemie ook andere medische vakken doceerden. Het hoogleraarschap in de chemie kan tot het einde van de achttiende eeuw niet als een apart (traditioneel) beroep worden beschouwd. De functie was een doorgangsstadium op de carrièreladder van de medische leerstoelen (het zogenaamde 'Aufrücken') en er was geen specifieke opleidingsroute tot dit hoogleraarschap. In de laatste decennia van de achttiende eeuw veranderden er verschillende zaken. Het professoraat in de chemie werd, doorgaans nog wel verbonden met de botanie of de fysica, een functie voor het leven en niet meer een doorgangsstadium, er werden in toenemende mate personen op het hoogleraarschap benoemd die ook een praktische leerschool in de apotheek achter de rug hadden, en er werden steeds vaker professoren in de chemie buiten de medische faculteiten benoemd, bijvoorbeeld aan de 'Kameral-Institute' of aan de filosofische faculteit.<sup>35</sup>

Na 1800 begon het hoogleraarschap in de chemie meer en meer het karakter van een beroep te krijgen. In de eerste plaats koppelde men het geven van de chemische colleges los van het doceren van andere vakken, terwijl ook nevenbe-

trekkingen als een artsenpraktijk minder voorkwamen. Deze ontwikkeling vond tussen 1800 en 1850 plaats, toen geleidelijk alle Duitse universiteiten ertoe overgingen de gecombineerde chemische en fysische, chemische en botanische, en chemische en farmaceutische leerstoelen op te splitsen.<sup>36</sup> In de tweede plaats ontstonden er bepaalde specifieke opleidingsroutes naar het chemische profesooraat. Het duidelijkst was die ontwikkeling in Oostenrijk, waar naar Frans voorbeeld de functie van assistent gecreëerd werd die mede tot doel had om zo leraren en hoogleraren op te leiden. In Noordduitsland werden eveneens in de eerste decennia van de negentiende eeuw de 'Habilitation' en het daarop volgende privaat-docentschap noodzakelijke voorwaarden om tot hoogleraar benoemd te kunnen worden. De studie voorafgaande aan het assistentschap en aan de 'Habilitation' was echter nog niet in de chemische richting gespecialiseerd. Hoogleraren konden tot na 1840 een medische, een farmaceutische, een polytechnische, of een algemene natuurwetenschappelijke vooropleiding hebben, die veelal werd aangevuld met 'Wanderjahre' in Stockholm of in Parijs. Wel gaf het feit dat deze studiereizen regelmatig door de overheid gesubsidieerd werden deze opleidingsroute een zeker geïnstitutionaliseerd karakter.<sup>37</sup>

Een *chymist* was in de zeventiende en de achttiende eeuw in de Republiek en in Engeland - en aanvankelijk ook in Duitsland - een producent van 'chymische artsijen', of ook wel van chemicaliën in het algemeen. Het was een chemisch ambacht dat soms met een apotheek verbonden was, maar ook wel daarvan los stond. In het laatste geval leverden de chymisten hun chemicaliën aan de apotheker die ze verwerkte tot geneesmiddelen. Het chymistenberoep leerde men doorgaans via de leerschool van de praktijk bij een andere chymist. Er waren echter ook chemische cursussen die gevolgd konden worden, zoals bij Lemery in Parijs. Pruisen ontnam in 1685 het chymistenberoep voor een groot deel zijn economische basis door van de apothekers te eisen dat ze hun eigen chemicaliën zouden bereiden. Apothekers en chemisch geschoolde medici keken in Duitsland neer op het chymistenambacht en noemden hen 'Laboranten'. Toen aan het einde van de achttiende eeuw sommige van deze 'Laboranten' op een industriële schaal gingen produceren en verschillende apothekers hun produkten kochten, volgde er een heftige reactie van de zijde van de intellectuele voorhoede onder de apothekers. In Pruisen slaagde deze voorhoede erin de positie van het apothekersberoep te versterken ten koste van de chemisch-farmaceutische fabrieken. In de negentiende eeuwse literatuur verliest men het spoor van het chymisten- of 'Laboranten'-beroep. Men kan vermoeden dat de term (chemische) fabrikant gedeeltelijk verwees naar personen die voorheen 'Laboranten' werden genoemd.<sup>38</sup>

De vroegste voorbeelden van *leraren* in de chemie op 'Realschulen', of op andere scholen van 'middelbaar' niveau, dateren uit de jaren rond 1800. Om een gespecialiseerd leraarschap in de chemie ging het daarbij niet, enkele uitzonderingen daargelaten. Tot ver in de negentiende eeuw doceerden de leraren op de 'Realschulen' een heel scala aan natuurwetenschappelijke vakken, met name de fysica,



de mineralogie, de natuurlijke historie en de chemie.<sup>39</sup> Dat neemt niet weg dat dit leraarschap een functie was waarvoor ook chemische kennis nodig was. Het werd door universitaire chemisch geschoolden als hun belangrijkste beroepsmogelijkheid gezien. Wanneer er omstreeks 1820 in Duitsland over betrekkingen ('Stellen') voor 'Chemiker' gesproken werd ging het daarbij vrijwel zeker over leraarsbanen en over leerstoelen in het hoger onderwijs.<sup>40</sup> Tussen 1815 en 1840 nam het aantal banen voor chemie-leraren in Duitsland fors toe, hand in hand met de oprichting van 'Gewerbeschulen', landbouwscholen, 'Realschulen', 'höhere Bürgerschulen' en dergelijke, vooral toen de meeste grote Duitse staten omstreeks 1830 een landelijk stelsel van technische- en hogere burgerscholen opzetten.<sup>41</sup>

Tussen universiteitsprofessoren en leraren aan de 'Realschulen' bestond zeker een verschil in sociale status. Universiteitsprofessoren en leraren aan de gymnasia - waar de chemie niet gedoceerd werd<sup>42</sup> - hoorden tot de geleerde stand, de positie van de leraren aan de 'Realschulen' was minder duidelijk en een onderwerp van discussie en maatschappelijke strijd.<sup>43</sup> Wanneer men echter naar het opleidingspatroon van de chemie-leraren kijkt zijn er goede redenen om geen scherpe grens te trekken tussen de leraren en de professoren. De opleiding van leraren in de chemie verliep voor een deel langs dezelfde routes die hierboven voor de professoren zijn aangegeven, namelijk een weinig specifiek-chemische studie in de farmacie of aan een filosofische faculteit, gevolgd door een assistentschap of een, al dan niet door de overheid gesubsidieerde, studiereis naar het buitenland. Het ontbreken van een scherpe grenslijn blijkt bovendien uit het carrièrepatroon van de hoogleraren. Vrijwel alle leraren en professoren die tussen 1803 en 1830 aan Duitse polytechnische scholen werden aangesteld hadden voor hun aanstelling leservaring elders in het onderwijs opgedaan.<sup>44</sup> Toen tussen 1815 en 1840 de vraag naar leraren in de scheikunde en andere natuurwetenschappen groeide, creëerden verschillende Duitse staten additionele opleidingsmogelijkheden. Pruisen riep bijvoorbeeld in 1825 de zogenaamde 'Naturwissenschaftliche Seminare' aan de filosofische faculteiten in het leven en verschillende andere Duitse staten stelden in het kader van het polytechnische onderwijs speciale curricula op voor leraren aan de technische- en de 'Real'-scholen. Dit gebeurde bijvoorbeeld in Praag (1814), in Kassel (1831) en in Stuttgart (1832).<sup>45</sup> Nadat vanaf 1840 speciale studieprogramma's voor chemici ontstonden, doorliepen ook de toekomstige leraren in de chemie dit programma. Aangezien van leraren een meer dan gemiddelde kennis van het vakgebied verlangd werd, bleef de oudere praktijk gehandhaafd om als assistent nog enige jaren op de universiteit of de polytechnische school te blijven.<sup>46</sup>

De groep van *fabrikanten en bedrijfsleiders* vormt een zeer heterogene verzameling. Kenmerkend voor hun functie is het feit dat ze leiding geven aan een bedrijf. Over de aard van het bedrijf is daarmee niets gezegd. Het kan om iedere tak van de chemische industrie gaan, of om bedrijven die niet eens chemisch van aard zijn. De omvang van de groep fabrikanten en bedrijfsleiders groeide fors in de eerste helft van de negentiende eeuw, ten gevolge van de oprichting van nieuwe

fabrieken (fabrikanten) en de groei van de afzonderlijke bedrijven, waardoor er leidinggevende posities onder het niveau van de (hoofd)directie ontstonden (bedrijfsleiders). Over de mate waarin voor dit soort functies chemische voorkennis vereist was zijn weinig systematische gegevens bekend. Er zijn verschillende voorbeelden van universitair geschoolden die in de eerste decennia van de negentiende eeuw werkzaam waren in de Duitse chemische industrie, maar het is bijzonder moeilijk om in te schatten hoe (weinig) algemeen die situatie was.

Men mag vermoeden dat lange tijd de opleidingsroute via de praktijk de belangrijkste leerschool voor toekomstige fabrikanten was. Zoons leerden het bedrijf kennen onder leiding van hun vader en liepen enige tijd stage bij een bevriende binnen- of buitenlandse concurrent. Daarnaast is er in de voorgaande hoofdstukken een beeld geschetst van de geschiedenis van het chemische onderwijs aan fabrikanten. In de laatste twee decennia van de achttiende eeuw startte het avond- en zondagsonderwijs aan fabrikanten en ambachtslieden, terwijl ook de chemische- en chemisch-farmaceutische privé-scholen van Wiegand, Hermbstaedt, Trommsdorff en anderen door toekomstige fabrikanten werden bezocht. Deze privé-scholen afficheerden zich soms ook als opleidingsinstituten voor 'praktische Chemiker' en 'Chemiker von Profession' waarmee waarschijnlijk vooral chemisch geschoolde apothekers bedoeld werden, maar niet uitgesloten kan worden dat daarmee mogelijk ook op industriële functies werd gedoeld.<sup>47</sup> Na 1800 waren de polytechnische scholen de belangrijkste opleidingsinstituten voor fabrikanten.<sup>48</sup> Het chemische onderwijs aan die groep was, zo heb ik laten zien, sterk gericht op de afzonderlijke chemische bedrijfstakken, zoals de bierbrouwerij, de ververij en de zeepziederij. Na 1840 veranderde dit toen er speciale curricula voor 'technische Chemiker' aan de polytechnische scholen ontstonden. Tegelijkertijd werden er ook aan de universiteiten 'technische Chemiker' opgeleid. 'Technische Chemiker' konden op verschillende functies in de industrie werkzaam zijn. De hier behandelde functie van bedrijfsleider of fabrikant, de functie van 'Analytiker' en de functie van colorist worden in de literatuur met name genoemd.

*Coloristen* waren de chemische experts in de katoendrukkerij, die de zorg droegen voor de receptuur van de katoendruk, de kwaliteit en het gehalte van de binnenkomende grondstoffen analyseerden en als 'trouble-shooters' optraden in de drukkerij. Terwijl het voor fabrikanten en bedrijfsleiders omstreeks 1800 in de meeste gevallen voldoende was om een grondige kennis te hebben van het kleine aantal chemische stoffen dat in hun bedrijf gebruikt en gefabriceerd werd, zodat deze kennis vaak via de praktijk verworven kon worden, was het met de functie van colorist anders gesteld. In een katoendrukkerij gingen zeer veel verschillende chemicaliën om, die als kleurstoffen, beitsmiddelen, bleekmiddelen, wasmiddelen, etsmiddelen en appretstoffen in de drukkerij werden gebruikt. Een colorist moest daarom een zeer brede kennis hebben van de chemie en leek in dat opzicht op de apotheker.<sup>49</sup>

Toen aan het einde van de achttiende eeuw het chemische onderwijs voor de nijverheid van de grond kwam hoorden chemische cursussen voor de katoendruk-

kerij en de ververij dan ook tot de eerste cursussen die gegeven werden.<sup>50</sup> Sommigen beschouwden in die tijd de ververij en katoendrukkerij zelfs als de enige bedrijfstak waarvoor een grondige chemische scholing nodig was.<sup>51</sup> Daarnaast was de praktijk een belangrijke leerschool voor de coloristen. Anders dan bij de chemische fabrieken ging het daarbij echter niet om een leerperiode van twee tot drie jaar in een of twee bedrijven, maar om een leertijd van tien jaar of meer waarbij de colorist in Engeland, Frankrijk en Bohemen (om de belangrijkste productiecentra te noemen) vele katoendrukkerijen bezocht.<sup>52</sup> Het belang van een formele chemische scholing nam in eerste helft van de negentiende eeuw steeds verder toe. De katoendrukkerij was een zeer innovatieve bedrijfstak waarin onder invloed van de veranderingen in de mode - die steeds sneller optraden - keer op keer de dessins aangepast moeten worden en nieuwe receptuur moest worden ontwikkeld. Bovendien werden er verschillende nieuwe beitsmiddelen, pigmenten en kleurstofextracten ontdekt die de colorist moest kennen en leren hanteren. Verschillende Duitse staten schiepen, in het kader van de bevordering van de nationale nijverheid, daarom speciale opleidingsmogelijkheden voor ververs en, met name, coloristen. Dit gebeurde gewoonlijk als onderdeel van het chemische onderwijs aan de polytechnische school. In de voorgaande hoofdstukken zijn met name de scholen in Wenen, Berlijn en Augsburg in dit verband genoemd, maar ook aan de Praagse polytechnische school werden coloristen opgeleid. Na 1840 werden de cursussen voor coloristen een onderdeel van de opleiding tot 'technische Chemiker', maar in het praktijkgedeelte bleef vermoedelijk een mogelijkheid tot specialisatie gehandhaafd. Sommige scholen, zoals het *Gewerbe-Institut* te Berlijn, hadden namelijk ook na de jaren 1840 een zekere faam als opleidingsinstituten van 'Chemiker' die in de katoendrukkerijen als colorist werden aangesteld. In de Engelse katoendrukkerijen werd gedurende de gehele eerste helft van de negentiende eeuw voor de colorist de naam 'chemist' geprefereerd.<sup>53</sup>

Over de oorsprong van de industriële functie van analytisch chemicus, of '*Analytiker*', is weinig met zekerheid bekend. Vóór 1840 leest men de term '*Analytiker*' zelden in Duitse bronnen. In hoofdstuk 8 heb ik laten zien dat de toename van de maatschappelijke zichtbaarheid van de analytische chemie en de groei van het cursorische onderwijs in dat vak, samenhangen met de kwaliteitscontrole en het opsporen van vervalsingen van geneesmiddelen, voedsel en drinkwater. Daarnaast bestond er in de metallurgische industrie reeds eeuwen de functie van de 'Probierer' of essayeur, waarvoor in de loop van de achttiende eeuw in het kader van de mijnbouwacademies aparte opleidingen gecreëerd werden.<sup>54</sup> Het is waarschijnlijk dat de eerste industriële '*Analytiker*' in de metallurgische industrie waren aangesteld.<sup>55</sup> Reeds in 1795/96 introduceerde de Freiburger hoogleraar in de chemie en de metallurgie W.A. Lampadius naast de reeds langer aan de mijnbouwacademie bestaande cursus in de 'Probierkunst', een cursus in de analytische chemie.<sup>56</sup> In de eigenlijke chemische industrie waren er in de eerste decennia van de negentiende eeuw voor zover bekend geen '*Analytiker*' werkzaam. Deze

bedrijven controleerden hun grondstoffen en produkten met behulp van bedrijfstak-specifieke testmethoden, die gehanteerd werden door daartoe '(abgerichteten) gewöhnliche Arbeiter' (door Buff chic 'dem Arbeiterstande angehörende Analytiker' genoemd).<sup>57</sup>

Het onderwijs in de analytische chemie speelde zich gedurende de eerste 30 jaar van de negentiende eeuw af in het kader van de mijnbouwacademies en het medisch-farmaceutische universitaire onderwijs. Aan de polytechnische scholen doceerde men alleen de industriële testmethoden als onderdeel van het onderwijs in de technische chemie.<sup>58</sup> De eerste school waar de analytische chemie een integraal onderdeel was van de opleiding van hogere technici was de Parijse *École centrale des Arts et Manufactures*, waar dit vak direct na de oprichting in 1830 werd opgenomen in het lesprogramma, mogelijk omdat die school naast een chemische richting ook een metallurgische specialisatie kende.<sup>59</sup> De Duitse polytechnische scholen voerden het onderwijs in de analytische chemie eerst in in de jaren '40 en '50 van de negentiende eeuw, min of meer gelijktijdig met de vorming van de 'chemisch-technische Fachschulen' en de formulering van curricula voor technische chemici.<sup>60</sup> In die tijd begonnen in Duitsland sommige bedrijven universitaire en polytechnisch gevormde analytici aan te stellen. Volgens Erdmann was dit proces in 1861 nog in volle gang. Sprekend over de waarde van de chemische analyse voor de 'technische Chemiker' betoogde hij: 'Was sie der Metallurgie ist, das wird die Analyse nach und nach allen Zweigen der chemischen Technik werden. Sie ist die Schlüssel, der alle Thüren öffnet, sie schafft überall licht, wo wir ohne Sie im Dunkeln tapen.'<sup>61</sup> Een deel van deze fraaie belofte lag dus nog in de toekomst.

De functies van *fabrieksontwerper* en 'Consulent' ben ik in Duitse bronnen van voor 1850 niet tegengekomen. Zoals aangeven was de 'consulting chemist' vooral in Engeland een bekend fenomeen. Zij voerden analyses uit in opdracht van de fabrikanten, deden een uitvoeriger onderzoek in het geval van storingen in de fabricage en adviseerden bij de bouw van nieuwe fabrieken of bij de introductie van nieuwe processen. Sprekend over het ontstaan van het beroep van chemicus in Engeland noemde Bud de 'consulting chemists' de eerste 'professionals', die een voorhoede van de nieuwe beroepsgroep vormden. In verschillende gevallen combineerden ze hun advieswerk met een baan als leraar of professor.<sup>62</sup> Ook in Duitsland traden hoogleraren, als Hermbstaedt, Meissner, Scholz en Fehling, op als adviseur van de industrie. Dit gebeurde echter veelal niet op particuliere basis, maar in opdracht van de overheid - in het kader van de nijverheidsbevordering (Pruisen), of in verband met de mercantilistische staatsindustrie (Oostenrijk) - als onderdeel van hun taak als staatsbeambte.<sup>63</sup> Daarnaast werden de taken die de Engelse 'consulting chemists' uitvoerden in Duitsland door de fabrikanten zelf verricht en, later, door chemici in loondienst. Omstreeks 1860 toen er nog niet veel chemici in loondienst in de Duitse bedrijven werkten en de fabrikanten zelf - al dan niet geholpen door hoogleraren - hun problemen moesten oplossen, keken chemici als Erlenmeyer en Buff vol bewondering naar de Engelse situatie waar de



**Afb. 42:** Drie 'Chemiker von Fach' en twee laboratoriumjongens aan het werk in een van de laboratoria van de *Farbenfabriken vorm. F. Bayer & Co.* te Elberfeld (omstreeks 1900) (*Bayer AG, Bayer-Archiv*).

**Afb. 43:** Fabriekschemici bij de *Farbwerke vorm. Meister, Lucius & Brünig* te Höchst am Main in 1906. Links met de fiets Dr. Friedrich Stolz, de ontdekker van het geneesmiddel Pyramidon (1896) en het eerste synthetische hormoon Suprarenin (1906) (*Hoechst AG, Firmengeschichte*).

'division of labour' verder was doorgevoerd. De inhoudelijke rol van 'trouble shooter' en de rol van de het gezag uitoefenende fabrikant waren daar gescheiden.<sup>64</sup>

Een van de taken van de 'consulting chemists' vormde het ontwerp en de bouw van nieuwe fabrieken of produktielijnen. Stein noemde in 1857 deze activiteit als een bijzondere taak voor de 'technische Chemiker', apart van de directie en leiding van de fabrieken, en gaf een uitvoerige beschrijving van de eisen die dit stelde aan het chemisch technologische onderwijs. In de door mij bestudeerde oudere literatuur over het Duitse polytechnische onderwijs wordt er aan deze taak van de technische chemicus geen aandacht besteed, hetgeen doet vermoeden dat de functie van fabrieksontwerper pas omstreeks 1850 in Duitsland op kwam. Aan de Parijse *École centrale* onderwees men het ontwerpen van fabrieken en processen evenwel reeds in de jaren 1830. Ook Stein roemde in het bijzonder de Franse leerboeken op dit terrein. Het opleiden van vrijgevestigde consultants was een van de doelstellingen van de Parijse school.<sup>65</sup> Als voorbeeld van een Duitse fabrieksontwerper kan Ludwig Mond gelden, die in het begin van de jaren 1860 een door hem geötrooieerd procedé installeerde bij verschillende zwavelzuur- en sodafabrieken in Duitsland, Nederland en Engeland. Steeds was hij voor enige maanden bij een fabriek in dienst en nadat het proces in gang was gezet vertrok hij naar de volgende fabriek.<sup>66</sup> Een toen niet ongebruikelijke werkwijze in de chemische industrie en een teken dat het bij de bedrijfsleider en de fabrieksontwerper om twee verschillende functies voor technische chemici ging.

Uit deze bespreking van de historische ontwikkeling van de belangrijkste functies die omstreeks 1860 door chemici beroepsmatig werden uitgeoefend - en van een tweetal oudere beroepsactiviteiten van 'Chymici' - blijkt dat die functies zich gedurende een lange tijd gescheiden ontwikkelden en elk hun eigen vooropleidingen kenden. Men kan stellen dat het beroep van chemicus reeds omstreeks 1830 bestond, maar als een zogenaamd 'traditioneel beroep' waarvoor beroep en functie samenvielen. De beroepsuitoefening beperkte zich tot het doceren van de chemie. De beroepsgroep bestond uit de hoogleraren en de leraren in de chemie, waarvan de vooropleidingen grotendeels samenvielen. Daarnaast werkten er toen in de industrie fabrikanten en bedrijfsleiders, coloristen en, mogelijk, enige 'Analytiker'. Met uitzondering van de 'Analytiker' was de opleiding van deze industriële technici gescheiden van die van de (hoog)leraren in de chemie. Ook onderling waren de opleidingsroutes van de industriële chemische technici gescheiden. Aan de polytechnische scholen volgde elke groep onderwijs dat zo nauw mogelijk aansloot bij de toekomstige betrekking.

Het ontstaan van het moderne beroep van chemicus kan men tegen deze achtergrond op verschillende manieren duiden. Gezien vanuit de vraagkant kan men het proces weergeven als een toename van de industriële vraag naar personen die dezelfde opleiding gevolgd hadden als de (hoog)leraren, ten koste van degenen die op de gebruikelijke wijze tot bedrijfsleider of colorist waren opgeleid. Een domeinuitbreiding van de bestaande chemische beroepsgroep kortom,

waardoor het traditionele beroep in een modern beroep transformeerde. Door deze vraag vanuit een nieuwe richting werd de universitaire chemische opleiding (inclusief het assistentschap) *de facto* een opleiding voor (moderne) chemici, terwijl de transformatie van het polytechnische onderwijs dan opgevat moet worden als een reactie op de nieuwe industriële vraag (om de concurrentie met de universiteit het hoofd te bieden en functieverlies te vermijden).

Er kleven mijns inzien twee bezwaren aan deze zienswijze. In de eerste plaats is het bij een zo heterogene bedrijfstak als de chemische industrie (inclusief de ververij en drukkerij), die op een groot aantal volkomen verschillende markten opereerde, moeilijk in te zien waarom er in een betrekkelijk korte periode van 10 tot 20 jaar een integrale verschuiving in het vraagpatroon naar hooggeschoolde arbeidskracht zou ontstaan. Veel aannemelijker is het te veronderstellen dat die verschuiving zich eerst 'locaal', in heel specifieke sectoren van de chemische industrie voordeed. In dat geval is het echter moeilijk te begrijpen waarom onder invloed van ontwikkelingen in een 'leading sector' een nieuwe beroepsgroep ontstond die ook de 'achterlopende sectoren' ging bedienen. In het licht van het toen gangbare verkavelde opleidingsstelsel had het immers meer voor de hand gelegen als er een specifiek onderwijsaanbod gericht op de behoeften van de 'leading sector' zou zijn ontstaan. Een tweede bezwaar is dat deze theorie van de 'domeinverbreding' niet correspondeert met de feitelijke ontwikkelingen binnen het polytechnische en het universitaire onderwijs. Het polytechnische onderwijs veranderde niet omdat er door de universitaire ontwikkelingen een vraag naar chemici zichtbaar werd, maar (ook) om een aantal andere redenen (§ 10.3). En de essentie van de ontwikkelingen op de universiteiten was niet een veranderende arbeidsmarkt voor de groep van assistenten (de (hoog)leraren in *spé*), maar het feit dat de opleiding tot chemicus afgesplitst werd van het chemische onderwijs aan de medici en de farmaceuten. Door deze twee veranderingen in het onderwijs wijzigde zich de gehele opleidingscontext van de industrie, ook die van de 'achterlopende sectoren'.

In dit boek is het ontstaan van het moderne beroep van chemicus dan ook niet als een simpele 'domeinverbreding', bij een gelijkblijvende opleidingsstructuur, geschetst, maar als een proces waarin er een fundamentele wijziging plaatsvond in de vooropleiding tot de industriële chemische functies. Deze aanpak sluit het bestaan van invloeden vanuit bepaalde 'leadings sectors' binnen de chemische industrie niet uit, maar opent de mogelijkheid deze invloeden te beschouwen binnen een breder kader van anderssoortige invloeden die ook werkzaam waren. Aan de analyse van de oorzaken van die fundamentele verandering van het (polytechnische) chemische onderwijs in de slotparagraaf van dit boek gewijd.

### 10.3 Het ontstaan van de opleiding tot technisch-chemicus aan de Duitse polytechnische scholen

De overgang van het oude onderwijsstelsel naar een stelsel waarin speciale curricula en studierichtingen voor (technische) chemici bestonden had niet aan alle instellingen hetzelfde karakter. De situatie aan de universiteiten week af van die aan de polytechnische scholen en ook tussen de polytechnische scholen onderling waren er verschillen, die samenhangen met de organisatie van het onderwijsprogramma (uniform programma of keuzevrijheid). In het geval van de universiteiten en de polytechnische scholen met een uniform programma kan men het ontstaan van opleidingen voor chemici typeren als een differentiatieproces. Aan de universiteiten werd het bestaande onderwijsaanbod van chemische vakken - dat tot dan toe identiek geweest was voor alle beroepsgroepen die chemische lessen volgden - gesplitst in een onderwijsaanbod voor degenen voor wie de chemie een 'Hülfswissenschaft' was (medici, farmaceuten, landbouwkundigen) en een aantal aparte chemische studie-onderdelen voor 'gevorderden', voor wie de chemie 'Hauptstudium' was (leraren, bedrijfsleiders, 'Analytiker'). Aan de polytechnische scholen met een uniform programma ('Pruisische type') werd het chemische onderwijs gescheiden van het onderwijs aan werktuigkundigen en bouwkundigen. In het geval van de polytechnische scholen met keuzevrijheid ('Weense type') waren er naast differentiatieprocessen, waarin het totale vakkenaanbod op den duur in 'Fachschulen' werd ondergebracht, ook integratieprocessen. Aparte cursussen voor coloristen en ververs, voor bierbrouwers en azijnmakers, voor leerlooiers, voor zeepzieders en dergelijke, gingen op in een geordend curriculum voor technische chemici, waaraan nieuwe studie-onderdelen zoals de analytische chemie waren toegevoegd.<sup>67</sup>

Wanneer we deze institutionele veranderingen binnen het onderwijs vertalen naar de beroepsontwikkeling, kunnen we stellen dat het ontstaan van het moderne beroep van chemicus een dubbel karakter had. Enerzijds verzelfstandigde zich het beroep van chemicus ten opzichte van een aantal 'aangrenzende' beroepen als de apotheker, de metallurg en de werktuigkundige, die als hogere technische beroepen bleven bestaan met een ingeperkter of gewijzigd beroepsdomein. Anderzijds kan men de situatie binnen bepaalde takken van de chemische nijverheid typeren als een proces waarin 'practici met kennis van de chemie' vervangen werden door 'chemici werkzaam in verschillende praktijken'. De practici bleven mogelijk nog werkzaam als meesterknecht, maar nu onder de leiding van een chemicus waar ze voordien zelf de leiding in handen hadden gehad.

Welke waren de oorzaken voor deze transformatie van het onderwijs? Om die vraag te beantwoorden is het goed uit te gaan van het in hoofdstuk 1 behandelde onderscheid tussen structuralistische en actionistische verklaringen. Hieronder zal ik eerst de invloed van een aantal *structurele maatschappelijke veranderingen* (industrialisatie, opkomst burgerlijke maatschappij, staatsvorming) behandelen op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs. Vervolgens



worden tegen die achtergrond de handelingen van enkele invloedrijke actoren (staatsbeambten, leraren, Liebig) belicht.

Om de invloed van een aantal grote maatschappelijke veranderingen op de ontwikkeling van het polytechnische onderwijs en het ontstaan van het moderne beroep van chemicus in het juiste perspectief te zien, is het goed te beginnen met een internationale vergelijking. Het is bijvoorbeeld van groot belang te constateren dat tussen 1830 en 1850 niet alleen in Duitsland het moderne beroep van chemicus ontstond, maar dat dit ook in Engeland en Frankrijk gebeurde.<sup>68</sup> Dit kan geïllustreerd worden met de oprichtingsdata van analytisch-chemische onderwijs-laboratoria en van scholen met speciale curricula voor toekomstige chemici (tabel 10.1).

Uit de tabel blijkt een aantal grote verschillen tussen de situatie in Duitsland, Frankrijk en Engeland. In de eerste plaats kan geconstateerd worden dat het aantal opleidingsmogelijkheden voor chemici in Duitsland groter was dan in Groot-Britannië en, vooral, Frankrijk. In de tweede plaats valt op dat in Duitsland alle chemische opleidingen, met uitzondering van de school van Fresenius, door de staat werden gefinancierd. Op de school van Thomas Thomson in Glasgow na, waren alle chemische scholen in Groot-Britannië en Frankrijk het resultaat van particulier initiatief. Daarbij ging het in enkele gevallen - zoals bij de *École centrale*, de Royal Manchester Institution, University College en King's College - om scholen met een bredere doelstelling, die in het aangegeven jaar hun chemische onderwijs reorganiseerden. In andere gevallen - de laboratoria van Dumas en Pelouze, het Royal College of Chemistry, en het Liverpool College of Chemistry - ging het om instellingen die speciaal met het oog op het onderwijs in de chemie werden gesticht. De schoolgelden aan de Franse en Engelse instellingen waren, bij het ontbreken van overheidssteun, vele malen hoger dan dit in Duitsland het geval was.<sup>69</sup>

Interessanter dan deze verschillen is met het oog op de hier te voeren discussie echter het feit dat opleidingen voor chemici in Frankrijk en Groot-Britannië in vrijwel dezelfde tijd als die in Duitsland ontstonden, mogelijk in Groot-Britannië zelfs iets eerder. Dit doet vermoeden dat de brede maatschappelijke ontwikkelingen die van invloed waren op het ontstaan van het beroep van chemicus en op de vernieuwing van het onderwijs niet specifiek-Duits waren, maar van een internationaal karakter. Te denken valt daarbij aan het industrialisatieproces en aan de ontwikkeling van de chemische wetenschap. Meer typisch-Duitse sociale en politieke ontwikkelingen hebben de transformatie van het polytechnische onderwijs zeker ook beïnvloed. Hieronder zal ik betogen dat daardoor te verklaren is in welke opzichten de Duitse chemische beroepsgroep afweek van de Engelse en de Franse. Het ontstaan van het moderne beroep van chemicus was een internationaal fenomeen, maar op het punt van de sociale status van het beroep, het opleidings-niveau en de relaties met de 'aangrenzende beroepen' waren er grote nationale verschillen.

**Tabel 10.1:** *Het ontstaan van speciale onderwijsprogramma's voor chemici (en/of de bouw van analytische laboratoria) in Duitsland, Frankrijk en Groot-Brittannië tot 1850.*

---

Jaar	Instelling
<b>Duitsland</b>	
1839/42	U Giessen <sup>1</sup>
1840	U München
1840/42	U Göttingen
1842/44	U Leipzig
1845/52	PS Wenen
1846	U Marburg
1846/51	PS Dresden
1847	PS Karlsruhe
1848	School Fresenius Wiesbaden (P)
1850	PS Praag
1850	PS Berlijn

---

Opm.: Bij de interpretatie van een tabel als deze is voorzichtigheid geboden. Onvermijdelijk worden er laboratoria en instituten samen genoemd die onderling grote verschillen vertonen. De keuze om bepaalde laboratoria wel en andere niet op te nemen is voor discussie vatbaar. Mijn criterium voor de Duitse scholen is geweest het moment waarop een opleiding voor chemici *institutioneel* gescheiden werd van de opleiding van farmaceuten, medici, werktuigkundigen e.d.. De informatie die over de Franse en Engelse scholen en laboratoria voorhanden was, was minder gedetailleerd. In toelichtende noten hieronder is een aantal nuances aangebracht.

U = universiteit; PS = polytechnische school; (P) = particuliere instelling; 1 = Voordat Liebig zijn laboratoriumcursus splitste in cursussen voor beginners en gevorderden waren er verschillende laboratoria in Duitsland, zoals het grote laboratorium van Stromeyer in Göttingen, waar ook (analytische) chemici werden opgeleid. Er zijn echter weinig aanwijzingen dat de mogelijkheid die daar bestond om op particuliere basis een voorgezette chemische opleiding te krijgen ook een geïnstitutionaliseerd karakter kreeg (aan de andere kant het is mogelijk dat het laboratorium van Stromeyer niet veel verschilde van verschillende buitenlandse laboratoria

---

Tabel 10.1 vervolg

---

Jaar	Instelling
<b>Frankrijk</b>	
1838	Laboratorium Dumas Parijs (P) <sup>2</sup>
1839	École Centrale Parijs (P) <sup>3</sup>
1846	School Pelouze Parijs (P)
<b>Groot-Brittannië</b>	
1818/31	U Glasgow <sup>4</sup>
1843	Royal Manchester Institution (P)
1845	Royal College of Chemistry Londen (P)
1845	University College Londen (P) <sup>5</sup>
1845	King's College Londen (P) <sup>5</sup>
1848	Liverpool College of Chemistry (P)

in de tabel (zie 2, 4)); 2 = Dumas bood een research-training aan een kleine groep studenten en op een particuliere basis. In die zin zijn er overeenkomsten met de situatie op verschillende Duitse universiteitslaboratoria - als Göttingen, Jena, Giessen - in de periode 1815-1840. Het laboratorium van Dumas is opgenomen in de tabel omdat het los stond van onderwijsinstellingen en daarom niet door medici, farmaceuten e.d. bezocht werd; 3 = Aan de *École centrale* bestond de mogelijkheid om af te studeren als 'ingénieur chimiste'. De opleiding hiertoe was echter veel minder gescheiden van bijvoorbeeld de werktuigkundige opleiding dan in Duitsland (na 1845/50); 4 = In veel opzichten kan men de laboratoriumklas voor 'practical chemists' die Thomas Thomson vanaf 1818 in Glasgow gaf (vanaf 1831 in een nieuw, groter laboratorium) vergelijken met de laboratoria van Stromeyer en met de Duitse chemisch-farmaceutische privé-instituten. De analytisch-chemische laboratoriumklas van Thomson is in de tabel opgenomen omdat (a) deze klas los stond van Thomson's onderwijs aan medische studenten, en (b) deze klas door vele industriëlen bezocht werd en zodoende afweek van het Duitse patroon waar toen de medisch-farmaceutische oriëntatie nog overheerste; 5 = Vanaf 1836 kregen University College en King's College ook een kleine staatssubsidie. Het grootste deel van de inkomsten kwam echter nog lange tijd uit collegegelden en particuliere fondsen.

---

Bron: Hoofdstuk 9; Fresenius, *Geschichte des Chemischen Laboratoriums*; Klosterman, 'A research school of chemistry'; Leprieux, 'Les conditions', 123-132; Weiss, *The making of technological man*, m.n. 133, 138-139, 141-144, 151, 207-209, 212; Koristka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 99-104; Morrell, 'The chemist breeders', m.n. 2, 19-26; Bud, 'The discipline of chemistry', 212-216.

De invloed van de *industrialisatie* op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs en op het ontstaan van aparte 'Fachschulen' is in de voorgaande hoofdstukken verschillende malen aan de orde geweest. Samenvattend kan men stellen dat de Duitse industrie - en de groei ervan na vooral 1830 - als een steeds aanwezige factor van invloed is geweest op de groei en bloei van het Duitse polytechnische onderwijs. De industrie bood beroepsperspectieven zonder welke de polytechnische scholen niet hadden kunnen bestaan en de groep van fabrikanten en ambachtslieden vormde het milieu waaruit vele leerlingen werden gerecruteerd. Aan de kant is het opvallend dat er heel weinig specifieke voorbeelden zijn aan te geven van invloeden van het Duitse industrialisatieproces op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs. Hierbij moet een uitzondering gemaakt worden voor de spoorwegaanleg, welke wel tot het industrialisatieproces in ruime zin gerekend wordt.<sup>70</sup>

Bij de oprichting van de polytechnische scholen en bij de vernieuwingen die daarin werden doorgevoerd, verwezen de initiatiefnemers doorgaans niet naar de op dat moment bestaande behoefte van de Duitse industrie, maar naar de Engelse en Franse industriële dreiging. Deze lijn van argumentatie vormt de voortdurende achtergrondmuziek in de geschiedenis van het polytechnische onderwijs. Bij de invloed van de 'factor industrialisatie' op het ontstaan van beroepsopleidingen voor technische chemici aan de Duitse polytechnische scholen moet mijns inziens - voor de jaren tot 1850 - dan ook niet zozeer aan de invloed van het Duitse industrialisatieproces gedacht worden, als aan de invloed die uitging van de technologische ontwikkelingen binnen de Engelse en Franse industrie. Dit kan tevens een verklaring vormen voor de synchroniciteit in het ontstaan van chemische opleidingen in deze drie landen. Sommige staatsbeambten en leraren en enige innovatieve Duitse fabrikanten hoorden tot de maatschappelijke voorhoede die deze Engelse en Franse ontwikkelingen vertaalde in eisen voor het Duitse onderwijs. Er zijn met name in hoofdstuk 7 verschillende voorbeelden gegeven dat de in de 'Gewerbevereine' georganiseerde Duitse nijverheid doorgaans tegen deze vernieuwingen was. In de jaren 1830 en 1840 had de Duitse industrie nog een sterk ambachtelijke inslag. Van die zijde kwamen initiatieven tot het instellen van chemische en mechanische 'Fachschulen' zeker niet. Integendeel, keer op keer werd - in de lijn van oudere Verlichtingspedagogische initiatieven - voor een praktische oriëntatie gepleit en gewaarschuwd tegen een verwetenschappelijking van de opleiding.<sup>71</sup>

Een mogelijke invloed van een voorhoede van innovatieve Duitse fabrikanten op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs is in de literatuur nauwelijks gedocumenteerd. In de discussies over de oprichting of reorganisatie van scholen waren steeds staatsbeambten en leraren aan het woord. Het is moeilijk uit te maken in hoeverre deze namens hun eigen groep het woord voerden, of mede de spreekbuis van bepaalde industriële belangen waren. De rol van de industriële voorhoede blijkt nog het duidelijkst uit verspreide gegevens over de recrutering van hun personeel. Voorbeelden zijn de prins Salm-Reifferscheid die zijn fabrieken steeds door hooggeschoold personeel liet leiden, de

Oostenrijkse en Boheemse adel in het algemeen die steeds bevorderde dat het polytechnische onderwijs in Wenen en Praag op een hoog niveau gegeven werd, de Maağdenburger handelaar en kapitalist Nathusius die in de jaren 1820 in Althaldensleben een groot agrarisch-chemisch-industriëel complex oprichtte met 1300 arbeiders en een apart bedrijfslaboratorium onder leiding van een chemicus (Accum, Otto), en de Elzasser katoendrukkers en chemische fabrikanten die tot de eerste industriële behoorden die hun zoons naar Liebigs laboratorium in Giessen stuurden.<sup>72</sup> Welke invloed deze industriële vraag naar arbeid op de beroepsontwikkeling en op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs had is moeilijk vast te stellen.

Hetzelfde geldt voor de industriële vraag naar 'Analytiker'. Behalve het algemene gegeven dat deze vraag aanvankelijk vooral van de metallurgische industrie afkomstig was is hierover weinig bekend. Historisch onderzoek hiernaar is een desideratum. In ieder geval kan vermoed worden dat we hier - net als wat hierboven over de 'factor industrialisatie' gezegd is - te maken hebben met een internationale ontwikkeling. Ook bij de in tabel 10.1 genoemde Franse en Engelse chemische scholen ging het in belangrijke mate om een training in de analytische chemie. Reeds in § 8.6 is gebleken dat Frankrijk en Engeland voor liepen op Duitsland op het punt van het industriële gebruik van de analytische chemie. Vrijwel alle volumetrische methoden werden in die landen ontwikkeld en door bijvoorbeeld chemici als Gay-Lussac (hoogleraar in Parijs, maar tevens adviseur van de glasfabriek te St. Gobain) en Andrew Ure (een vooraanstaande 'consulting chemist') verbeterd en gestandaardiseerd. De informatie over het chemische onderwijs bevestigt het beeld dat Engeland en Frankrijk voorop liepen. Thomas Thomson gaf vanaf 1818 in Glasgow een analytisch-chemische cursus die gevolgd werd door verschillende (toekomstige) fabrikanten, coloristen en bedrijfsleiders.<sup>73</sup> Voorts was de Parijse *École centrale* de eerste school van het polytechnische type waar (vanaf 1830) de analytische chemie werd gedoceerd.

Om de industriële rol van de analytische chemie te interpreteren is het goed om de argumenten waarmee Liebig en anderen de invoering van analytisch-chemische practica verdedigden nog eens vanuit het perspectief van de industriële ontwikkeling te bezien. Liebig presenteerde de chemische analyse als de algemene methode waarmee de natuur 'ondervraagd' kon worden en de 'Sprache der Erscheinungen' kon worden gelezen. Daarom was volgens hem de analytische chemie nuttig voor de wetenschap, de industrie, de toxicologie en welk toepassingsgebied dan ook.<sup>74</sup> Op deze wijze konden problemen opgelost worden en verbeteringen worden gevonden: 'Die Sprache der Erscheinungen leitet uns zu Combinationen, aus denen tausend nützliche Anwendungen sich ergeben; sie führen uns zu Verbesserungen in den Fabriken und Gewerben'.<sup>75</sup> Ook in latere geschriften vindt men deze redenering steeds terug. De technische chemicus moest, zo stelde Erdmann bijvoorbeeld, meer doen dan zijn fabriek aan de gang houden. Hij moest voortdurend langs 'rationellem wissenschaftlichen Wege .. technische Aufgaben lösen'. Het middel daartoe was, ook volgens Erdmann, de chemische analyse.<sup>76</sup>

Deze uitspraken hebben het karakter van claims, maar bieden tevens een sleutel tot de interpretatie van de in hoofdstuk 8 en 9 geschetste ontwikkeling waarin in de industrie en het polytechnische onderwijs niet alleen de gangbare industriële testmethoden (alkalimetrie, chlorometrie, sacharometrie) gebruikt werden, maar ook de methoden van de wetenschappelijke analytische chemie. De genoemde testmethoden waren gestandaardiseerde methoden die ook door een 'afgerichte arbeider' konden worden gehanteerd en die bedoeld waren om in een situatie van 'business as usual' de grondstoffen en eindprodukten te controleren. De analytische chemie bood daarentegen geen standaardrecept voor één specifiek probleem, maar een algemene 'gereedchapskist' met methoden om problemen te lijf te gaan, bijvoorbeeld om nieuwe onbekende grondstoffen te analyseren, stoffen te traceren, of de samenstelling van bijprodukten te onderzoeken. In dit licht bezien wordt het duidelijk dat de industriële vraag naar analytisch-chemische kennis en vaardigheden sterk zal samenhangen met de economische en technische dynamiek binnen een bepaalde tak van de chemische nijverheid. De invoering van vernieuwingen en de internationale concurrentiedruk, die tot kostprijsreducties noopte en tot het zoeken naar nuttige toepassingen voor de bijprodukten en afvalstoffen, waren uitermate bevorderlijk voor een industriële vraag naar 'Analytiker'. Het ging, schematisch, om de overgang van 'routine' naar vernieuwing, van 'Schlendrian' naar 'Verbesserungen'. 'Verbesserung' vormde hét trefwoord waarmee het industriële gebruik van de chemische analyse moest worden gelegitimeerd.<sup>77</sup>

Tegen deze achtergrond is het begrijpelijk dat de innovatieve en internationaal georiënteerde Engelse en Franse chemische industrie voorop liep met betrekking tot het gebruik van de chemische analyse. De invoering van analytisch-chemische methoden in het Duitse universitaire en polytechnische onderwijs in de jaren 1840 kan gezien worden als een teken dat de Duitse chemische industrie toen een ander karakter kreeg, of als de invloed van een voorhoede van hervormers die met het oog op de ontwikkelingen in Frankrijk en Engeland een verdere achterstand van de Duitse industrie wilden voorkomen (of een combinatie van beide). Om over deze vraag te beslissen is eerst meer onderzoek nodig naar de geschiedenis van de Duitse chemische industrie in de eerste helft van de negentiende eeuw. Los van de uitkomst van dat onderzoek kan echter nu reeds geconcludeerd worden dat de invloed van de industriële toepassing van de analytische chemie op de reorganisatie van het polytechnische chemische onderwijs een sterk internationaal karakter had en geen specifiek-Duitse factor was.

In vergelijking tot de discussie over de industrialisatie kan de bespreking van de *sociale en politieke invloeden* op de institutionele ontwikkeling van het polytechnische onderwijs betrekkelijk kort zijn. Deze invloed was veel minder diffuus dan de invloed vanuit de industrie en, zoals in hoofdstuk 7 is beschreven, duidelijk te traceren. De sociale ontwikkelingen in de eerste decennia van de negentiende eeuw, waaronder de opkomst van de 'Wirtschaftsbürger' en de groei van het aantal wetenschappelijk- en technisch geschoolden, leidde omstreeks 1830 in

Frankrijk en Duitsland tot een aantal debatten binnen en buiten Landdag en parlement over de structuur van het onderwijs. De reorganisaties die volgden zorgden voor een maatschappelijke herdefiniëring van de verhoudingen binnen de nijverheidsburgerij. De 'hogere burgerij' werd duidelijk van de 'lagere burgerij' onderscheiden. De opkomst van een nieuwe klasse van 'hogere technici' reflecteerde deze ontwikkeling. Tegelijkertijd was de opkomst van deze klasse een uiting van het ontstaan van hiërarchische structuren binnen de industrie, waarbij er tussen de kapitalist en de arbeiders een laag van leidinggevende 'Privat-Beamte' werd aangesteld, en van de claims van een aantal beroepsgroepen (als de ingenieurs, de architecten en de mijnbouwkundigen) dat zij degenen waren die op grond van hun wetenschappelijke kennis aanspraak konden maken op de leidinggevende posities in de maatschappij.<sup>78</sup>

Deze herdefiniëring van de sociale verhoudingen had een grote invloed op de maatschappelijke plaats van de polytechnische scholen en op de interne dynamiek van dit schooltype, die uiteindelijk tot de oprichting van de 'Fachschulen' zou leiden. In de literatuur over het ontstaan van beroepen komen de effecten van zulke sociaal-historische processen veel minder vaak aan de orde dan de industrialisatie en de daarmee verbonden arbeidsdeling. De institutionele geschiedschrijving van het onderwijs biedt echter een bruikbare onderzoeksmethode, zo meen ik te hebben aangetoond, om te traceren hoe zulke sociale en politieke processen van invloed kunnen zijn op de maatschappelijke constructie van moderne beroepen. Men kan dus - zowel met betrekking tot de datering van ontwikkelingen als wat betreft de analyse van nationale verschillen - verder komen dan de obligate bewering dat het ontstaan van nieuwe beroepen het resultaat was van het moderniseringsproces.

Betekent het feit dat er binnen de Duitse sociale en politieke verhoudingen een klasse van 'hogere technici' ontstond waartoe later ook de 'Chemiker von Fach' ging behoren, ook dat deze verhoudingen de oorzaak voor het ontstaan van het moderne beroep van chemicus zijn geweest? Ik meen dat het antwoord op die vraag, in het licht van mijn discussie over industrialisatie en de in tabel 10.1 gepresenteerde internationale vergelijking, nee moet luiden. In Frankrijk, waar zich eveneens een 'tussenklasse' van wetenschappers en ingenieurs nadrukkelijk trachtte te distantiëren van de lagere technici, waren de sociale verhoudingen nog enigszins met de Duitse te vergelijken.<sup>79</sup> In Engeland was dit echter niet het geval. Toch is ook daar een beroepsgroep van chemici ontstaan.

De opkomst van de 'hogere technicus' moge dan geen voldoende voorwaarde geweest zijn voor het ontstaan van het moderne beroep van chemicus, zonder invloed waren daarmee de Duitse sociale en politieke omstandigheden nog niet. De Duitse chemische beroepsgroep had een heel andere aard en samenstelling dan de Engelse. Door de demarcatieprocessen van de jaren 1830 ontstond in Duitsland een chemische beroepsgroep die voor de overgrote meerderheid uit het universitaire en het polytechnische segment bestond. Omstreeks 1900 had minstens 84% - mogelijk zelfs 97% - van de Duitse industriële (!) chemici een universitaire of polytechnische opleiding.<sup>80</sup> Een zogenaamd 'shop segment' kan na ongeveer

1840 binnen de Duitse chemische beroepsgroep nauwelijks worden aangetroffen.<sup>81</sup> Er was een betrekkelijk scherpe afgrenzing van de chemische beroepsgemeenschap naar beneden (de 'chemische ambachtslieden'). In Engeland lag de situatie heel anders. Een 'shop segment' van 'self-made men' was daar nadrukkelijk aanwezig. Sommigen van hen, zoals Hugh Lee Pattison, brachten het omstreeks 1840 tot de post van vice-president van de chemische sectie van de *British Society of the Advancement of Science* en hoorden tot de eerste leden van de *Chemical Society*.<sup>82</sup> Ook later in de negentiende eeuw was er slechts een vage demarcatie van de chemische beroepsgemeenschap 'naar beneden'. Nog in 1902 had maar 34% van de Engelse industriële chemici een hogere technische of universitaire opleiding achter de rug. Het heterogene karakter van de Engelse chemische beroepsgroep blijkt ook uit de grote spreiding in de salarissen van chemici, die vele mate groter was dan in Duitsland. 'The chemists, or so-called chemists, are sometimes paid not more than could be earned by a bricklayer', betoogde de Britse kleurstofchemicus W.H. Perkin in 1885.<sup>83</sup> Dit waren toestanden waarmee de Duitse beroepschemici niet werden geplaagd.

De invloed van het *staatsvormingsproces* en de staatsbureaucratie in Duitsland op de beroepsontwikkeling op het gebied van de chemie liep voornamelijk via het onderwijs. De beslissende invloed was ongetwijfeld dat er überhaupt door de Duitse staten een, in vergelijking tot andere landen, grote inspanning geleverd werd op onderwijsgebied. De staatkundige versnippering van het Duitse taalgebied werkte een vermenigvuldiging van deze inspanning in de hand. Meer dan 15 polytechnische scholen en meer dan 20 universiteiten bestonden er in Duitsland naast elkaar. Dit waren aantallen waarmee geen enkel buitenland kon wedijveren. Vanaf de jaren 1830 hielden deze instellingen elkaar bovendien steeds scherper in de gaten, niet alleen vanwege de verscherpte economische concurrentie tussen de verschillende industriegebieden na de oprichting van de *Zollverein*, maar ook omdat de studenten zich steeds minder aan hun 'Landesuniversität' of lokale polytechnische school gebonden achtten en naar die instellingen trokken waar het onderwijs de beste naam had. Onderwijsvernieuwingen die in de ene instelling tot stand kwamen verbreidden zich door deze onderlinge concurrentie betrekkelijk snel over het gehele Duitse gebied (vgl. tabel 10.1). Door het grote aantal potentiële 'innovatiecentra' had dit een cumulatief effect.<sup>84</sup>

Daarnaast oefende de staatssector, zoals ik in § 9.3 heb laten zien, via de spoorwegaanleg en de eisen die aan civiele ingenieurs en aan machinebouwers werden gesteld invloed uit op de institutionele ontwikkeling van de polytechnische school en zelfs op het onderwijs in de chemische vakken. De examen- en curriculumstructuur van de polytechnische scholen zorgde ervoor dat de professionaliseringsprocessen van bepaalde technische beroepen effecten konden hebben op het onderwijs en de beroepsvorming van andere technische beroepen, waaronder de chemici. Het bestaan van zulke institutioneel bepaalde koppelingen tussen beroepsgroepen maakt het begrijpelijk waarom de beroepsvorming van verschillende moderne beroepen tegelijkertijd - namelijk in de jaren 1840 - in een stroomver-



snelling kwam.<sup>85</sup> Bovendien maakt dit inzicht het overbodig om in het geval van de chemici de stelling te hulp te roepen dat deze beroepsgroep zich formeerde naar het 'model' van de staatstechnici. Voor een beroep dat nog midden in zijn ontstaansproces verkeerde is het immers niet aannemelijk dat de beroeps- en groepsidentiteit voldoende duidelijk zouden zijn uitgekristalliseerd om als collectief naar statusverhoging te streven. De invloed van de staatstechnici op het ontstaan van het moderne beroep van *chemicus* was er wel, maar deze verliep via het onderwijs.<sup>86</sup>

Deze beïnvloeding via het onderwijs was geen automatische, maar werd bemiddeld door verschillende groepen actoren. Wanneer we de voorgaande hoofdstukken door een *actionistische* bril bezien, was er één bepaalde groep actoren die op verschillende plaatsen in het betoog opdook en die een grote invloed heeft gehad op de ontwikkeling van het polytechnische onderwijs in de richting van een in 'Fachschulen' verkaveld stelsel van disciplinair-gerichte wetenschappelijk-technische beroepsopleidingen. Dit waren de leraren en wetenschappelijk opgeleide staatsbeambten die zich actief inzetten voor een steng-wetenschappelijke aanpak in het technische onderwijs en die er keer op keer op wezen dat de Duitse industrie 'Verbesserungen' moest doorvoeren om de Engelse en Franse concurrentie het hoofd te bieden. Voorbeelden van personen die tot deze groep behoorden zijn August Comte, Jean-Baptiste Dumas en de oprichters van de *École centrale* in Parijs, Alexander von Humboldt en Eilhard Mitscherlich in Berlijn, Nebenius in Baden, Liebig, de Beierse wetenschappelijke technici Hermann, Fraunhofer, Reichenbach en Von Utzschneider en de werktuigkundige Friedrich Redtenbacher. Waarom ik deze heterogene verzameling personen als een groep beschouw vergt een nadere uitleg.

In de literatuur over de ontwikkeling van de hogere technische beroepen in Duitsland worden algemeen - bijvoorbeeld door Lundgreen en Gispén - de (hoog)leraren van de polytechnische scholen als een belangrijke voorhoede van de beroepsgroep gezien, die de drijvende kracht vormde achter het streven naar een hogere sociale status voor het beroep. Ook in dit boek zijn de leraren als een invloedrijke groep ten tonele gevoerd, maar de wijze waarop auteurs als Gispén en Lundgreen deze groep zien kan ik niet onderschrijven. Teveel gaan zij er mijns inziens van uit dat de leraren gedurende de gehele geschiedenis van het polytechnische onderwijs een sterke identificatie met een bepaalde discipline en een bepaalde beroepsgroep zouden hebben. Deze stelling heeft sterk anachronistische trekken omdat aan de leraren in de chemie, bijvoorbeeld, bepaalde motieven worden toegedicht ook in de periode dat er noch van een chemische beroepsgroep sprake was, noch van een disciplinaire verkaveling van het onderwijs. In de voorgaande hoofdstukken heb ik de aard van de invloed van de leraren op de ontwikkeling van hun school dan ook genuanceerder proberen te beschrijven door een drietal denkstijlen te onderscheiden, waarmee de polytechnische leraren, de onderwijsbeambten en de schoolbesturen kunnen worden getypeerd.

De eerste denkstijl, die vooral in de periode tot 1830 dominant was en waaraan de naam van Precht verbonden is, kenmerkte zich door het Verlichtingsideaal om wetenschappelijk kennis te verbreiden onder de nijvere burgerij. Om zoveel mogelijk ambachtslieden en fabrikanten te bereiken was het onderwijs populair-wetenschappelijk. Doel van de polytechnische school moest volgens deze opvatting niet zijn om specialisten in bepaalde technische disciplines op te leiden maar om een breed geschakeerd aanbod van wiskundige en natuurwetenschappelijke vakken aan te bieden, waar iedere ambachtsman of fabrikant afhankelijk van zijn ambacht of bedrijfstak (Beckmanns 'Technologie') een geschikte keuze uit kon maken. De oriëntatie van de leraren was 'technologisch' en niet 'disciplinair'. Ze waren doorgaans actief lid van de lokale 'Gewerbevereine' en patriottische genootschappen. Internationale wetenschappelijke contacten zijn minder typerend voor hen.

Typerend voor de tweede denkstijl is de visie dat 'hogere technici' een grondige streng-wetenschappelijke scholing nodig hebben, gekoppeld aan het idee dat de sferen van de 'Gelehrte' (wetenschappelijk onderzoek) en de 'Techniker' (materiële produktie) strikt gescheiden dienen te zijn. Nebenius hoorde tot degenen die deze visie het scherpst onder woorden brachten (1833), maar ook in Schödlers boek over het polytechnische onderwijs van 1847 werd dit idee nadrukkelijk aangehangen.<sup>87</sup> Polytechnische scholen dienden, volgens deze visie, de technische en natuurwetenschappelijke vakken op het hoogste niveau te doceren. De leraren dienden daarom van de laatste ontwikkelingen op hun vakgebied op de hoogte te zijn. De oriëntatie van de leraren was dus disciplinair in plaats van 'technologisch' (in de zin van Beckmann). Om op de hoogte te blijven stonden ze met hun vakgenoten in contact en bezochten hun laboratoria. Onderzoek diende, volgens Nebenius en degenen die zijn denkbeelden deelden, niet plaats te vinden aan de polytechnische scholen, omdat de technici dan in 'hogere wetenschappelijke sferen' zouden komen te verkeren waardoor ze onbruikbaar zouden worden voor de praktijk.

De derde denkstijl, waaraan op het gebied van de chemie vooral de naam van Liebig verbonden is, kenmerkt zich door de ontkenning van de scheidslijn tussen de wetenschap en de 'hogere techniek'. Toekomstige wetenschappers en toekomstige fabrikanten dienden dezelfde training in het doen van onderzoek te krijgen, zo was Liebigs redenering. Wie eenmaal 'rein wissenschaftliche Fragen' kon onderzoeken en oplossen was ook het beste in staat om in de fabriek alle problemen die zich kunnen voordoen op te lossen.<sup>88</sup> Voor polytechnische docenten die deze visie aanhingen - zoals Weltzien, Baeyer en Erlenmeyer - was het een uitgemaakte zaak dat de polytechnische school niet alleen streng-wetenschappelijk onderwijs, maar ook een training in het doen van onderzoek moest geven. Dat de oriëntatie van deze docenten vooral een disciplinaire was spreekt vanzelf.

In de tijd zijn de invloed van de tweede en de derde denkstijl niet strikt in perioden te scheiden. De tweede denkstijl kwam binnen het polytechnische onderwijs vooral na 1830 op en de derde denkstijl na 1840, maar er was geen plotselinge overgang. Zoals ik in § 10.1 heb laten zien werd het doen van onderzoek eerst omstreeks 1870 aan de polytechnische scholen gebruikelijk. Beide

denkstijlen waren enige decennia lang van invloed.

Door dit onderscheid in drie denkstijlen kan, zoals hier boven gesteld, de visie van Lundgreen en Gispén genuanceerd worden dat de leraren als de vertegenwoordigers bij uitstek van de technische disciplines en de technische beroepsgroepen dienen te worden gezien. Dit geldt wel voor de leraren na 1830 die de karakteristieke denkbeelden van de tweede en de derde denkstijl aanhingen, maar niet voor de meeste leraren vóór 1830 en ook niet voor die leraren na 1830 die nog in de Verlichtingspedagogische traditie stonden. In de hoofdstukken 7 en 9 heb ik verschillende voorbeelden laten zien van leraren die er helemaal niet voor waren om een strakkere disciplinaire organisatie van het onderwijs door te voeren.

De transformatie van het polytechnische onderwijs in een school gekenmerkt door 'Fachschulen' en welgeordende curricula in takken van de hogere techniek, werd zowel door de aanhangers van de tweede als de derde denkstijl bevorderd. Zij vormden de groep die een internationale, kosmopolitische oriëntatie had, die laboratoria in Stockholm en Parijs bezocht, studiereizen naar de Engelse en Schotse industrie ondernam en die tegen de meerderheid van de Duitse fabrikanten in pleitte voor een rationele, wetenschappelijke aanpak van de produktie. Nu was dit laatste zeker ook door de Verlichtingspedagogen bepleit, maar waar deze de wetenschappelijke grondbeginselen als het ware op een presenteerblaadje aan de ambachtslieden en fabrikanten wilden aanbieden, waren de aanhangers van de tweede en derde denkstijl van mening dat dit door de vlucht die de wetenschap in hun tijd genomen had, niet meer mogelijk was. Een speciale 'tussenklasse' van hogere technici en ingenieurs moest gevormd worden om de leiding van de produktie op zich te nemen.

In de geschiedschrijving van de chemie is het ontstaan van het beroep van chemicus voornamelijk met de opkomst van de derde denkstijl, onder invloed van Liebigs publieke optreden, geassocieerd. Vandaar ook dat auteurs van Ben-David en Köster (§ 1.2) het ontstaan van het beroep van chemicus pas omstreeks 1870 dateren, hand in hand met de opkomst van de organische chemie en de aanstelling van de eerste onderzoekschemici in de Duitse kleurstofindustrie. Voor het moderne beroep van chemicus was echter niet een vooropleiding in het verrichten van wetenschappelijk onderzoek typerend, maar een streng-wetenschappelijke theoretische scholing in de chemie gekoppeld aan een instrumentele beheersing van de laboratoriumtechnieken. Men moest bijvoorbeeld, gedrild via het 'systeem Fresenius' (§ 10.1), in staat zijn om een analytisch-chemische 'Untersuchung' uit te voeren, maar het hoefde niet om een (theorie geleide) 'Forschung' te gaan. Bovenstaand onderscheid tussen de tweede en de derde denkstijl maakt duidelijk, in samenhang met hetgeen in § 10.1 over het 'wetenschappelijke' en het 'technische' beroepssegment naar voren is gebracht, dat voor het ontstaan van speciale opleidingen voor technische chemici aan de Duitse polytechnische scholen vooral de toenemende invloed van de tweede denkstijl van belang was. Liebigs invloed was niet onbeduidend maar gezien vanuit het proces van de opkomst van de moderne technische beroepen geen noodzakelijk element.

Zeker ook was er meer aan de hand dan het ontstaan van het beroep van chemicus uit dat van de apotheker. Gustin, Hickel, Possehl en, in een mindere mate, Turner hebben in hun onderzoek hun blik teveel vernauwd tot de microkosmos van de Duitse universitaire laboratoria en tot het reilen en zeilen van de beroepsgemeenschap van de apothekers. Deze beperkte scope resulteerde in verklaringen voor het ontstaan van het beroep van chemicus die niet of nauwelijks in verband gebracht konden worden met bredere maatschappelijke ontwikkelingen en die om meerdere redenen onbevredigend moeten worden genoemd. De stelling dat het ontstaan van het beroep van chemicus een bijproduct was van de sociaal-economische ontwikkelingen binnen het apothekersberoep (Hickel, Possehl) is niet te handhaven in het licht van de opkomst van chemische geschoolden buiten het domein van de farmacie en met het oog op het ontstaan van een chemische beroepsgroep in landen als Engeland en Frankrijk, waar de positie van de farmacie geheel anders was. En de verklaring dat het ontstaan van het beroep van chemicus min of meer een gevolg was van de groei van het aantal chemische leerstoelen aan de Duitse universiteiten en van Liebigs didactische vernieuwing van het universitaire laboratoriumonderwijs (Gustin) geeft weinig inzicht in de maatschappelijke omstandigheden waaronder zich deze veranderingen voltrokken en ziet, door de beperkte focus op de chemie alleen, over het hoofd dat tezelfdertijd ook verschillende andere wetenschappelijke en hogere technische beroepen ontstonden (zie ook § 1.2).

Door in dit boek aandacht te besteden aan de structuur van het Duitse (technische) onderwijs als geheel en aan een veel groter aantal beroepen in de nijverheid en de gezondheidszorg dan het beroep van de apotheker alleen, meen ik aan deze bezwaren tegen het werk van Gustin, Hickel, Possehl en Turner tegemoet gekomen te zijn. Het ontstaan van het beroep van chemicus kon zo verklaard worden uit het in elkaar grijpen van een aantal bredere maatschappelijke processen - als de industrialisatie, de groei van het onderwijs, sociale differentiatieprocessen binnen de Duitse samenleving, ontwikkelingen binnen het polytechnische onderwijs onder invloed van veranderingen binnen andere beroepssectoren dan de chemie - en een aantal specifieke ontwikkelingen die met de chemie (beoefening) zelf in verband stonden. Daarbij ging het om de opkomst van de chemische analyse en de daarmee gepaard gaande transformatie van het laboratorium, om het gegeven dat een kosmopolitisch ingestelde groep wetenschapsmensen en beambten hoge verwachtingen koesterde van het vermogen van de chemie om de nijverheid en de welvaart op een hoger plan te brengen, en - in het verlengde daarvan - om het feit dat het onderwijs in de chemie als een centraal onderdeel van het polytechnische curriculum werd beschouwd; waardoor er koppelingen met niet-medische vakken ontstonden.

Binnen de condities geschapen door de Europese industrialisatie, de toenemende internationale concurrentie en de opkomst van het - in Duitsland door de staat gefinancierde - schoolse onderwijs en beïnvloed door de typische kenmerken van het Duitse sociale en politieke klimaat, wist een groep internationaal georiënteerde en wetenschappelijk gevormde leraren en staatsbeambten het polytechnische

onderwijs in een richting te leiden waarin er aparte studierichtingen voor de chemie en de andere technische disciplines zouden ontstaan. De in dit boek beschreven institutionele geschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs heeft laten zien, hoe en waarom dit alles gebeurde. Dit was ook de context waarbinnen Justus Liebig opereerde, volgens bijna alle studies over het ontstaan van het beroep van chemicus in Duitsland de centrale actor in dit ontstaansproces. Zijn rol was inderdaad belangrijk, maar ook zonder hem zou de 'Chemiker von Fach' in Duitsland zijn ontstaan.



# Bijlagen





## BIJLAGE A

### DE TERMINOLOGIE EN SCHRIFWIJZE MET BETREKKING TOT DE BEGRIPPEN 'CHEMIE', 'ALCHEMIE' EN 'CHEMIKER' IN HET DUITSE TAALGEBIED TOT ONGEVEER 1800

In deze bijlage zijn de uitkomsten samengevat van een onderzoek naar de historische ontwikkeling van de terminologie en de schrijfwijze rond de Duitse woorden 'Chemie', 'Alchemie', 'Chemiker' en 'Alchemist', de daaraan verwante termen als 'Scheidekünstler' en 'Spagyrik' en de hiermee corresponderende bijvoeglijke naamwoorden. Dit onderzoek vormde een nevenproduct van het onderzoek naar de evolutie van de betekenisinhoud van het begrip chemie dat in § 2.1 beschreven is. Tijdens dit onderzoek was het immers noodzakelijk om zeer zorgvuldig op de originele spelling en terminologie te letten, daar het zeer wel mogelijk zou zijn dat er achter ogenschijnlijk geringe verschillen in schrijfwijze wezenlijke verschillen in betekenis schuil gingen. Dit probleem stelde zich nadrukkelijk bij de opkomst van het woord 'Chymia' naast het reeds bestaande woord 'Alchymia'. In hoofdstuk 2 is vermeld dat er uit dit onderzoek is gebleken dat er aanvankelijk geen verschil in betekenis tussen beide woorden was, maar dat er in de loop der tijd wel een betekenisonderscheid tot stand kwam toen de op de geneeskunde gerichte chemie in eigen instituties ingebed raakte. Voor de opkomst van andere nieuwe schrijfwijzen en termen stelden zich vergelijkbare vragen. Om een genuanceerd antwoord te kunnen geven op de vraag of bijvoorbeeld de termen 'Chemist' en 'Chemiker' naar verschillende groepen personen verwezen, was een beter inzicht noodzakelijk in wijze waarop en de frequentie waarmee deze termen in de loop van de tijd werden gebruikt.

Uitgangspunt voor het onderzoek vormde het door Eberhard Schmauderer uitgegeven boek *Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Skizzen zur geschichtliche Entwicklung des Berufsbildes* (1973), waarin op verschillende plaatsen expliciet op de geschiedenis van de betekenis en schrijfwijze van de term chemie wordt ingegaan (bijvoorbeeld op pp. 44, 55-56, 102-104, 186, 207-215). Dit boek is een van de weinige studies die überhaupt op deze thematiek ingaat, maar de feitenbasis die eraan ten grondslag ligt is smal. Veel omvangrijker materiaal kon verkregen worden door systematisch de schrijfwijze en spelling te noteren van alle boek- en tractaatstitels die vermeld staan in John Ferguson's *Bibliotheca Chemica: a catalogue of the alchemical, chemical and pharmaceutical books in the collection of the late James Young*, 2 delen (1906). Deze bibliografie vormt een heel geschikt uitgangspunt voor een exploratieve studie naar de evolutie van de Duitse schrijfwijze en terminologie met betrekking tot de (al)chemie omdat: (a) het een omvangrijke bibliografie is waarin ruim 1300 boeken en brochures en vele honderden ingebonden tractaten vermeld staan; (b) de collectie titels bevatte uit de gehele periode van de vroege

16de tot de late 18de eeuw, terwijl tevens Duitse titels het leeuwendeel van het bestand uitmaakten; en (c) Ferguson alom in de bibliografische literatuur geroemd wordt om de uiterst zorgvuldige manier waarop hij de bibliografie samenstelde en om de nauwgezetheid waarmee hij de originele titelpagina's letterlijk weergaf.

De hieronder gepresenteerde uitkomsten van het onderzoek naar de terminologie en schrijfwijze betreffende de chemie zijn het resultaat van een volledige verwerking van *alle* in de originele spelling staande boek- en tractaatstitels uit het *tweede deel* (L-Z) van Fergusons bibliografie, aangevuld met de termen uit citaten opgenomen in het genoemde boek van Schmauderer en uit enige 18de eeuwse boektitels die vermeld staan in Karl Hufbauers, *The Formation of the German Chemical Community* (1982), 156-161. Nadat dit materiaal geanalyseerd was zijn nog selectief enige titels nagetrokken in het eerste deel van Fergusons bibliografie, als de verwachting bestond dat daarin ook een vroeg gebruik van een nieuwe schrijfwijze verwacht mocht worden. Hierdoor en door de selectieve aandacht die in het boek van Schmauderer besteed wordt aan het optreden van nieuwe termen en schrijfwijzen, kent het hieronder gegeven overzicht een geringe vertekening met betrekking tot de frequentie waarmee bepaalde woorden werden gebruikt, ten gunste van het vroegste gebruik van die woorden.

In de door mij geïnventariseerde citaten en boektitels is het aantal spellingsvarianten van de woorden chemie, alchemie, alchemist en chemicus enorm. Om het overzicht niet geheel te verliezen is het daarom van belang een aantal spellingswijzen te groeperen en als equivalent de beschouwen. Ik ben van de volgende aannames uitgegaan, mij daarbij gedeeltelijk baserend op de resultaten van het onderzoek zelf:

- de spelling 'i' en 'y' heb ik als equivalent beschouwd, omdat uit mijn bronnen bleek dat gedurende een grote periode de spelling met 'i' en met 'y' vaak in dezelfde bron zonder onderscheid door elkaar gebruikt werd. Wel is het zo dat in de oudere bronnen (16de eeuw) de spelling met een 'i' enigszins de overhand had, terwijl later aan de spelling met een 'y' de voorkeur werd gegeven. Deze verschuiving trad echter in alle Duitse i/y-woorden op zodat er geen reden is aan de verandering van bijvoorbeeld 'chimie' in 'chymie' in dit verband speciale aandacht te besteden;
- de spelling 'ei' en 'ey', die in de oudere bronnen voorkwam, heb ik als equivalent met 'i' en 'y' beschouwd, omdat deze spelling in dezelfde periode als de i/y-spelling gebruikt werd, zonder dat er iets op een verschil in betekenis wees;
- vervoeingen van woorden met een Latijnse oorsprong zijn samengenomen.

Hieronder worden de belangrijkste termen en spellingsvarianten die met de woorden 'Chemie', 'Chemiker' en 'chemisch' samenhangen, opgesomd. De jaartallen geven, rekening houdend met de hierboven gegeven kanttekening van een oververtegenwoordiging van vroeg gebruik, een indruk van de periode waarin een bepaalde spelling gangbaar was. Zelfstandige naamwoorden en bijvoeglijke naamwoorden zijn apart vermeld, daar niet bijvoorbeeld mocht worden aangenomen dat veranderingen in schrijfwijze voor zulke woorden gelijktijdig plaats zou hebben gevonden. Bij iedere groep spellingsvarianten is de meest voorkomende spelling met hoofdletters geschreven.

**I. Het woord '(Al)chemie' (en verwante termen)****I.1 Alchemie**

- ALCHEMEY/ ALCHAMEY/ ALCHEMY  
1493, 1494, 1559, 1570, 1574
- ALCHIMEY (alchimei, alchimi, alchimy, alchimij, en alchymey)  
1531, 1532, 1536, 1570, 1574, 1575, 1581, 1586, 1586, 1593, 1596, 1598, 1605,  
1605, 1610, 1613, 1613, 1614
- ALCHIMISTEREY (Alchymisterei)  
1532, 1571, 1680
- ALCHIMIA (Alchymia, Alchymiae, Alchimiae)  
1536, 1539, 1570, 1574, 1586, 1613, 1613, 1616, 1618, 1621, 1638, 1668, 1699,  
1715, 1715, 1732, 1741, 1750
- ALCHIMIE/ ALCHYMIE<sup>1</sup>  
1676, 1682, 1685, 1700, 1717, 1725, 1728, 1744, 1748, 1750, 1752, 1762, 1773,  
1775, 1789, 1791
- ALCHEMIE  
1728, 1774, 1775, 1777, 1784, 1784, 1793

**I.2 Chemie**

- CHIMIA (Chymia, Chymiam, Chymiae)  
1586, 1586, 1610, 1613, 1621, 1657, 1680, 1689, 1715, 1717, 1732, 1741, 1741, 1792
- CHIMY  
1605
- CHEMIA (Chemiae, Chemiam)  
1610, 1612 (mogelijk Latijn i.p.v. Duits), 1617, 1619, 1697, 1697, 1741
- CHYMIE (Chimie)  
1676, 1677, 1677, 1681, 1684, 1696, 1697, 1704, 1706, 1714, 1714, 1715, 1716,  
1719, 1720, 1728, 1730, 1732, 1733, 1737, 1739, 1741, 1743, 1751, 1751, 1752,  
1752, 1755, 1762, 1766, 1768, 1773/4, 1775, 1775, 1780, 1782, 1784, 1786, 1788,  
1792, 1798
- CHEMIE  
1749, 1755, 1773, 1774, 1775, 1775, 1776, 1777, 1778, 1779, 1779, 1779, 1781,  
1781, 1784, 1787, 1787, 1789, 1790, 1792, 1795, 1797, 1797/8, 1800, 1808

**I.3 SPAGYRIK (Spagyric)**

1570, 1606, 1612, 1715

**I.4 SCHEIDE-KUNST (Scheid-Kunst, Scheidekunst)**

1681, 1683, 1689, 1694, 1702, 1705, 1711, 1712, 1716, 1717, 1717, 1732, 1733,  
1741, 1752, 1769, 1773, 1774, 1775, 1792, 1797/8

## II. Het woord 'Chemiker' (en verwante termen)

### II.1 Alchemist

- ALCHIMIST (Alchymist)  
1532, 1533, 1536, 1550, 1559, 1570, 1586, 1586, 1587, 1588, 1593, 1593, 1600,  
1603, 1606, 1610, 1612, 1613, 1614, 1639, 1668, 1685, 1699, 1700, 1706, 1708,  
1720, 1727, 1728, 1730, 1756
- ALCHEMIST<sup>2</sup>  
1755, 1777, 1787, 1790

### II.2 Chemiker

- CHYMICUS (chymici, chimici, chymico, chymicum, chimicum, chimicorum, chymicis, chimicis, chimico)  
1595, 1604, 1623, 1627, 1631, 1638, 1677, 1678, 1680, 1681, 1696, 1697, 1699,  
1712, 1715, 1717, 1720, 1723, 1728, 1733, 1741, 1753, 1753, 1755, 1755, 1768
- CHYMIST/ CHYMISTEN (Chimisten, Chymiste)  
1678, 1681, 1691, 1697, 1698, 1702, 1741, 1761, 1771, 1773, 1779, 1780, 1792
- CHEMIST (Chemisten)  
1755, 1777, 1779, 1781, 1786, 1788, 1789, 1790, 1790, 1790, 1792, 1792, 1792, 1795
- CHEMICUS (Chemicis)  
1755, 1789
- CHYMIKER  
1774, 1780
- CHEMIKER (Chemicker)  
1781, 1787, 1789, 1789, 1789, 1795, 1797/8, 1799, 1800, 1803, 1804

### II.3 SPAGIRO

1570

### II.4 SCHEIDEKÜNSTLER

1780, 1789, 1789, 1792, 1797/8, 1808

## III. Het woord 'chemisch(e)' (en verwante termen)

### III.1 alchemistisch

- ALCHIMISTISCH (alchymistisch) 1531, 1536, 1570, 1573, 1574, 1580, 1588, 1600,  
1603, 1605, 1605, 1608, 1610, 1677, 1680, 1680, 1696, 1708, 1715, 1728, 1730,  
1744, 1767, 1792
- ALCHYMISCH  
1708, 1780

- ALCHEMISTISCH  
1730, 1755, 1774

### III.2 chemisch

- CHIMISCHE  
1574
- CHYMISCH (chimisch)  
1596, 1597, 1603, 1605, 1605, 1610, 1612, 1612, 1616, 1617, 1617, 1619, 1621,  
1625, 1627, 1638, 1639, 1652, 1662, 1665, 1674, 1677, 1677, 1677, 1678, 1679,  
1681, 1683, 1683, 1685, 1685, 1688, 1689, 1689, 1692, 1696, 1696, 1698, 1708,  
1709, 1712, 1715, 1717, 1719, 1723, 1727, 1728, 1728, 1734, 1734, 1736, 1738,  
1740, 1741, 1743, 1746, 1748, 1752, 1753, 1754, 1755, 1759, 1764, 1767, 1767,  
1768, 1768, 1771, 1771, 1772, 1772, 1773, 1778, 1780, 1783, 1784, 1792
- CHEMISCH  
1619, 1697, 1745, 1746, 1753, 1764, 1774, 1778, 1779, 1781, 1781, 1782, 1782,  
1784, 1786, 1788, 1789, 1789, 1790, 1793, 1797, 1797/8, 1800, 1808

### III.3 SPAGYRISCH (spagirisch, spargirisch, spargierisch)

1570 (ook spargirisch), 1605 (spargierisch), 1612, 1625, 1631, 1635, 1662, 1678,  
1678, 1685, 1685, 1692, 1705, 1705, 1736, 1773, 1780

Bovenstaande gegevens zijn - met uitzondering van de termen 'Spagyrik', 'Spagyro' en 'spagyrisch' - in hoofdstuk 2 samengevat in tabel 2.1.

### Opmerkingen:

1. Vóór 1676 heb ik de spelling 'Alchymie' en 'Alchimie' tweemaal geciteerd gezien in verband met 16de eeuwse manuscripten. Het is niet zeker of die citaten in de originele spelling staan.

Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, 68, 70.

2. Bij Paracelsus wordt ook wel de spelling 'Alchemist' aangetroffen. Vgl. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, 75.

Tussen 1536 en 1755 heb ik deze spelling met 'e' echter nergens aangetroffen, zodat ik er van uit ga dat er geen continuïteit is geweest. De schrijfwijze 'Alchemist' bij Paracelsus correspondeerde vermoedelijk met de spelling 'Alchemey' en 'Alchemy' voor het woord alchemie, terwijl de 18de eeuwse spelling 'Alchemist' correspondeerde met de schrijfwijze 'Alchemie'.

## BIJLAGE B

### DE AANTALLEN STUDENTEN AAN DE OOSTENRIJKSE, DUITSE EN ZWITSERSE POLYTECHNISCHE SCHOLEN, 1806-1881 (ALLE STUDIERICHTINGEN)

Hieronder zijn, tenzij anders vermeld, voor de verschillende Duitstalige polytechnische scholen weergegeven de totale aantallen studenten en toehoorders ('Hospitanten') per studiejaar. Voor scholen met een semestersysteem zijn de studentenaantallen in het wintersemester weergegeven (evenals voor Wenen in 1859/60). De aantallen voor Brunswijk 1836/37 en 1848/49 hebben geen betrekking op die studie jaren maar op de kalenderjaren 1836 en 1849. De studentenaantallen in Brunswijk zijn, bij gebrek aan andere gegevens, van 1866/67 tot en met 1869/70 aan het matrikel ontleend. Deze aantallen zijn lager dan op basis van andere bronnen. In het geval van Stuttgart (1845-1870), Wenen en Praag zijn alleen de aantallen ingeschreven studenten vermeld (dus exclusief de 'Hospitanten'). Sommige scholen werden door grote groepen 'Hospitanten' bezocht. In de periode 1872-1882 telde Brunswijk het grootste aantal toehoorders (43%), gevolgd door Darmstadt (30%), Zürich (30%), Stuttgart (23%), Hannover (19%), Dresden (16%), Berlijn (12%) en Karlsruhe (6,5%).<sup>1</sup> Hierdoor en door vele andere verschillen in de inrichting en organisatie van de Duitse polytechnische scholen (zie hoofdstuk 6) zijn de gepresenteerde cijfers niet zonder meer te vergelijken. De vermelde studentenaantallen geven wel een indruk van de omvang van de verschillende instellingen en van de ontwikkeling daarvan in de tijd, maar bij de interpretatie van de onderlinge verschillen dient men zeer voorzichtig te zijn. Zo zijn de studentenaantallen voor Praag en Wenen bijvoorbeeld tot en met 1851 inclusief de leerlingenaantallen van de met die scholen verbonden 'Realschulen' en omvatten de aantallen voor Stuttgart tussen 1829 en 1845 ook de leerlingen van de toen tot de school behorende 'Winterbaugewerkeschule'. In 1845 werden deze school en de voorbereidingklas voor 14-jarigen afgesplitst van de polytechnische school. In 1869 volgde in Stuttgart de afsplitsing van de handelsklas en in 1875 en 1876 de afsplitsing van de twee voorbereidende wiskundige klassen (voor 15- en 16-jarigen). Een plotselinge teruggang van studentenaantallen mag niet zomaar als een verminderde belangstelling voor het polytechnische onderwijs geïnterpreteerd worden, maar stond veelal - als in de hierboven gegeven voorbeelden - met een reorganisatie van de instelling in verband.<sup>2</sup> De cijfers voor Dresden zijn exclusief de zondagsleerlingen en de leerlingen van de tekencursus. Wanneer men deze leerlingen meetelt komen de leerlingenaantallen jaarlijks ca. 100 hoger uit dan in de tabel.

Voorts is het nog van belang te vermelden dat de Praagse polytechnische school in 1869 gesplitst werd in een Duitstalige en een Tsjechische polytechnische school. Voor de periode 1869-1881 zijn alleen de studentenaantallen van de Duitse polytechnische school vermeld (die minder studenten had dan de Tsjechische). In het geval van Berlijn zijn voor

de jaren 1821-1870 alleen de leerlingenaantallen van het *Gewerbe-Institut* (vanaf 1866 *Gewerbe-Akademie*) weergegeven. De aantallen vanaf 1871/72 betreffen de totale aantallen studenten en toehoorders van zowel de *Gewerbe-Akademie* als de *Bauakademie*. Formeel vond de fusie tussen beide instellingen pas 1879/80 plaats. Afzonderlijke jaarcijfers voor de *Gewerbe-Akademie* waren voor de jaren 1871-1879 evenwel niet voorhanden. Wel is bekend dat toen ongeveer 60% van de studenten aan de *Bauakademie* studeerde en 40% aan de *Gewerbe-Akademie*.<sup>3</sup>

In meerdere gevallen stemden de gegevens uit verschillende bronnen onderling niet overeen. In de hieronder gepresenteerde tabel is in zulke gevallen steeds de voorkeur gegeven aan zo lang mogelijke tijdreeksen uit een en dezelfde bron.

Jaar	Praag	Augsburg	Neurenberg	Wenen	Berlijn	Karlsruhe	Graz	München	Dresden
1805/06									
1806/07	106								
1807/08	-								
1808/09	-	-	21						
1809/10	-	-	34						
1810/11	216	-	35						
1811/12	-	-	50						
1812/13	-	-	46						
1813/14	-	-	54						
1814/15	-	-	42						
1815/16	-	-	36	296					
1816/17	-			355					
1817/18	-			403					
1818/19	-			515					
1819/20	-			574					
1820/21	371			692					
1821/22	-			760	13				
1822/23	-	-	-	780	43				
1823/24	-		-	752	43				
1824/25	-		-	761	29				
1825/26	c.400		-	727	31	-			
1826/27	-		-	741	49	-			
1827/28	-		-	717	52	-	-	-	
1828/29	-		-	747	51	-	c.200	-	161
1829/30	-		-	727	58	-	-	-	191
1830/31	388		-	713	63	-	-	-	188
1831/32	-	-	-	572	62	-	-	-	171
1832/33	-	-	-	578	62	276	-	-	156
1833/34	-	-	-	650	86	316	-	-	155
1834/35	-	-	-	646	88	272	-	-	166
1835/36	-	-	-	701	88	274	-	-	159
1836/37	-	-	-	815	98	310	-	-	160
1837/38	c.400	-	-	935	89	301	-	-	189
1838/39	-	-	-	1136	92	332	-	-	179
1839/40	-	-	-	-	99	374	-	-	170
1840/41	435	11	-	1403	104	411	-	-	165
1841/42	-	-	-	-	114	427	170	-	147
1842/43	-	-	-	-	104	393	-	-	153
1843/44	-	-	-	-	113	331	-	-	151



Stuttgart	Hannover	Kassel	Brunswijk	Darmstadt	Lemberg	Boedapest	Brünn	Zürich	Jaar
									1805/06
									1806/07
									1807/08
									1808/09
									1809/10
									1810/11
									1811/12
									1812/13
									1813/14
									1814/15
									1815/16
									1816/17
									1817/18
									1818/19
									1819/20
									1820/21
									1821/22
									1822/23
									1823/24
									1824/25
									1825/26
									1826/27
									1827/28
73									1828/29
									1829/30
88	64								1830/31
87	123	-							1831/32
148	128	-							1832/33
219	153	-							1833/34
254	190	-							1834/35
268	187	-	-						1835/36
288	169	-	123	-					1836/37
279	175	-	-	-					1837/38
233	169	-	-	59					1838/39
337	154	-	-	-					1839/40
351	153	-	-	-					1840/41
370	171	-	-	-					1841/42
395	160	-	-	-					1842/43
341	214	-	-	112					1843/44

Jaar	Praag	Augsburg	Neurenberg	Wenen	Berlijn	Karlsruhe	Graz	München	Dresden
1844/45	c.600	-	-	-	107	349	c.200	-	147
1845/46	-	-	-	-	101	358	-	-	117
1846/47	1600	103	-	2362	110	391	233	344	137
1847/48	1485	-	-	-	115	393	-	-	158
1848/49	-	-	-	326	129	373	c.150	-	193
1849/50	-	-	-	-	117	338	-	101	195
1850/51	1162	-	-	1739	140	332	-	-	219
1851/52	-	-	-	-	138	421	-	-	197
1852/53	804	-	-	1388	186	391	171	-	212
1853/54	-	-	-	-	195	380	-	-	211
1854/55	-	-	-	-	209	421	-	-	199
1855/56	-	-	-	-	236	448	-	-	210
1856/57	c.500	-	-	-	253	538	-	-	223
1857/58	-	-	-	-	231	665	-	-	213
1858/59	-	-	-	-	259	803	-	-	240
1859/60	-	-	-	938	282	843	-	212	242
1860/61	787	34	83	866	347	876	c.150	-	239
1861/62	-	20	59	-	419	828	-	226	265
1862/63	815	-	-	869	435	746	-	-	324
1863/64	-	-	-	-	377	630	-	-	280
1864/65	-	-	-	-	395	680	-	-	310
1865/66	-	-	-	-	481	587	-	-	344
1866/67	717	-	-	717	428	520	244	-	335
1867/68	-	-	78	-	548	482	-	236	360
1868/69	-	-	-	-	563	483	-	380	377
1869/70	-	-	-	-	608	478	-	529	379
1870/71	321	-	-	882	353	331	-	564	281
1871/72	-	-	-	-	1453	469	-	922	310
1872/73	-	-	-	-	1407	528	-	1246	325
1873/74	-	-	-	-	1469	644	-	1361	336
1874/75	-	-	-	-	1545	622	-	1395	334
1875/76	-	-	-	-	1642	630	-	1354	413
1876/77	505	-	-	1363	1735	636	279	1291	539
1877/78	476	-	-	1509	1713	587	265	1194	648
1878/79	-	-	-	1545	1484	523	-	1067	690
1879/80	-	-	-	-	1284	434	-	1027	582
1880/81	401	-	-	1418	1086	336	-	952	522

Stuttgart	Hannover	Kassel	Brunswijk	Darmstadt	Lemberg	Boedapest	Brünn	Zürich	Jaar
334	280	-	-	-	-				1844/45
197	321	107	-	-	-				1845/46
162	310	-	120	191	-	-			1846/47
186	335	-	-	-	-	-			1847/48
175	327	-	93	-	-	-			1848/49
169	294	-	-	-	-	-	-		1849/50
169	290	-	-	-	77	-	-		1850/51
161	317	-	-	-	c.100	-	-		1851/52
159	284	-	-	-	220	251	343		1852/53
165	321	-	-	-	-	-	-		1853/54
163	270	-	-	-	-	-	-	69	1854/55
190	272	-	-	-	-	-	-	231	1855/56
206	312	-	-	-	-	-	c.140	286	1856/57
214	384	-	-	-	-	-	c.140	276	1857/58
247	455	-	-	-	-	-	-	294	1858/59
264	459	-	-	-	-	-	-	332	1859/60
244	460	-	-	-	-	196	-	499	1860/61
242	432	-	-	-	-	-	-	607	1861/62
286	440	-	90	-	160	-	-	679	1862/63
374	432	-	96	-	-	-	-	747	1863/64
462	437	105	118	-	-	-	c.250	672	1864/65
492	466	97	128	-	-	-	-	769	1865/66
532	433	69	63	-	214	-	200	769	1866/67
579	371	-	98	-	-	-	-	762	1867/68
580	377	-	68	-	-	-	-	785	1868/69
571	384	-	70	154	-	-	-	867	1869/70
439	265		79	135	-		-	929	1870/71
672	425		119	168			-	1050	1871/72
667	536		131	197			-	1062	1872/73
632	638		159	196			-	951	1873/74
804	722		128	199			-	962	1874/75
814	868		122	211			-	1014	1875/76
813	837		141	228			168	987	1876/77
542	779		175	213			158	903	1877/78
690	664		152	190			-	787	1878/79
581	502		144	166			-	791	1879/80
633	421		167	137			-	741	1880/81

**Bronnen:**

De meest uitgebreide bron voor de Duitse polytechnische scholen en de school te Zürich is Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen*, 44-45, 235, 244. Gegevens betreffende meerdere Duitse polytechnische scholen (en Zürich) zijn voorts vermeld in Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 52, 62; Von Viebahn, *Statistik*, III (1868), 1150, 1152; Lehr, 'Frequenz, Einnahmen und Kosten' (1883), 285 en Conrad, *Das Universitätsstudium*, 155, 158. Studentenaantallen van de Oostenrijkse polytechnische scholen zijn te vinden in Bidermann, *technische Bildung* (1854), 116, 125; Schimmer, 'Frequenz' (1877), 59; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 319-320, 342, 362-365 en Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 25, 43-44, 46, 57, 61 (een grafiek van de studentenaantallen van alle Oostenrijkse polytechnische scholen, die helaas slecht afleesbaar is), 64-65. Voor zowel de Duitse als de Oostenrijkse polytechnische scholen in 1846/47, zie: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 37, 43, 49, 56, 62, 68, 74, 86, 92, 95, 111 (ook vermeld in Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 19).

Daarnaast zijn gebruikt voor de verschillende scholen afzonderlijk:

Praag: Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 246;

Augsburg, Neurenberg en München: Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 95; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 590; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 83-84;

Wenen: Gollob, 'Frühgeschichte', 189; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 467-468;

Berlijn: Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 281-282; Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft*, I, 570; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 109;

Karlsruhe: *Festgabe zum Jubiläum*, xc-xcii;

Dresden: Hülse, *Die Königliche polytechnische Schule* (1853), 42; Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 29-31; Sonnemann et. al., *Technische Universität Dresden*, 39, 57, 66;

Stuttgart: Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 250-253;

Hannover: Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 186-188; idem, *Die polytechnische Schule* (1848), 94-95; idem, *Die polytechnische Schule* (1856), 158-175; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 70-71;

Brunswijk: Albrecht, 'Traditionalismus', 76-77, 80, 82; Albrecht, *Technische Bildung*, 676-680 en tabel 11 (na p. 686);

Darmstadt: Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 2; Schlink, 'Technische Hochschule Darmstadt', 126;

Zürich: Guggenbühl, 'Eidgenössischen Technischen Hochschule', 255.

**Opmerkingen:**

1. Conrad, *Das Universitätsstudium*, 155.

2. Over de problemen bij de interpretatie van deze tijdreeksen, zie bijvoorbeeld Lehr, 'Frequenz, Einnahmen und Kosten' (1883), 282-284.

3. Conrad, *Das Universitätsstudium*, 158.

## AANTALLEN STUDENTEN DIE ZICH VOORBEREIDDEN OP 'CHEMISCHE BEROEPEN' (LATER CHEMIE-STUDENTEN), AAN DE OOSTENRIJKSE, DUITSE EN ZWITSERSE POLYTECHNISCHE SCHOLEN, 1815-1881

Tot ongeveer 1845 bestonden er over het algemeen geen speciale chemische curricula aan de Duitse polytechnische scholen. Wel waren er colleges en practica op het gebied van de chemie die op sommige scholen voor alle studenten verplicht waren, terwijl op andere scholen de studenten deze cursussen vrij konden kiezen, afhankelijk van het toekomstige beroep (zie hoofdstuk 6 en 9). De aantallen studenten die zulke keuze-cursussen volgden en/of daarin een examen aflegden zijn vanaf de oprichting bekend in het geval van de polytechnische scholen in Wenen en Hannover (zie tabel).

Ook voor Stuttgart zijn vanaf het begin van de jaren 1830 aantallen leerlingen bekend die deel uitmaakten van de 'chemisch-technische Berufsklasse' (dit is de aanduiding in de bron (Zweckbronner)). Daarbij gaat het mogelijk voor de periode 1832-1838 louter om een registratie van het beoogde beroep, want een advies-curriculum voor de 'chemisch-technische Berufsarten' werd eerst in 1838 ingevoerd. In Stuttgart werden de mijnbouwkundigen, de metallurgen, de fabrikanten en de apothekers geacht tot deze chemisch-technische klasse van beroepen te behoren. Of men de vroege Stuttgarter studentenaantallen op deze wijze moet interpreteren is overigens onduidelijk. Een andere interpretatie zou zijn dat de door Zweckbronner weergegeven getallen simpelweg de aantallen studenten voorstellen die het chemie-college bezochten. Een aanwijzing hiervoor levert een rapport dat de chemie-docent H. Fehling over zijn onderwijs in de periode 1840-1850 opmaakte. Hij stelde daarin dat, wat betreft de gewone studenten, zijn college jaarlijks door 16 à 18 architecten en ingenieurs bezocht werd en dat 'slechts enkele' aanstaande leraren en 1 à 2 'Hüttenleute oder Chemiker' zijn college volgden. Ook onder de toehoorders waren er nauwelijks studenten die zich voorbereidden op een 'chemisch beroep'.<sup>1</sup> Confronteren we deze gegevens met onderstaande tabel dan blijkt een redelijk goede overeenstemming. Tussen 1840 en 1850 worden namelijk 191 leerlingen vermeld, d.w.z. 19 per jaar gemiddeld. Een getal dat bij Fehlings cijfers in de buurt ligt. Van deze 19 waren er dus, indien men deze interpretatie volgt, slechts enkelen die zich voorbereidden op een chemisch beroep. Voor de jaren 1845-1862 staan in de gebruikte bron (Zweckbronner) de vermelde aantallen aangeduid als 'Chemiker und Hüttenleute'. Een benaming die in het licht van Fehlings rapport, tenminste voor de periode tot 1850 voorzichtig dient te worden gehanteerd. Vanaf 1862/63 worden de aantallen studenten vermeld die ingeschreven waren in de 'Fachschule für chemische Technik'. De Stuttgarter cijfers stellen dan zgn. 'Jahresfrequenzen' voor (d.w.z. het aantal studenten in het wintersemester (WS), vermeerderd met het aantal nieuwe studenten dat in het zomersemester de opleiding startte).

De gepresenteerde cijfers voor Karlsruhe (vanaf 1847) hebben betrekking op de aantallen studenten die zich inschreven voor de 'chemisch-technische Schule' van die polytechnische school. Deze studenten, die een tweejarig gespecialiseerd programma volgden gericht op een functie in de chemische industrie of op een ander 'chemisch beroep', kan men met recht chemie-studenten noemen (zie hoofdstuk 9). Hetzelfde geldt voor de Weense 'Analytiker' (vanaf 1845/46), voor de Berlijnse chemie-studenten (vanaf 1849/50), voor de studenten van de Zürichse 'chemisch-technische Schule' (vanaf 1855/56) en de groepen studenten die elders aan 'chemische-technischen Schulen' stonden ingeschreven (Stuttgart en Brunswijk vanaf 1862/63, Wenen vanaf 1865 (vermeld in de kolom van de 'Analytiker'), München en Darmstadt vanaf 1868/69 en Dresden vanaf 1870/71).

In het geval van de polytechnische school te Dresden zijn voor de jaren 1851-1870 in de tabel de aantallen studenten vermeld die de colleges op het gebied van de chemie bijwoonden (de zgn. 'Hörer der Chemie'). Deze aantallen lagen uiteraard boven de aantallen ingeschreven chemie-studenten. In 1850/51 stonden drie studenten als chemie-studenten te boek, in 1851/52 vijf studenten en in 1852/53 vier.<sup>2</sup> Wel sluiten de tijdreeksen voor 1851-1870 en voor 1870-1881 redelijk goed op elkaar aan.

De in de tabel opgenomen gegevens voor Berlijn (1849-1867) zijn gebaseerd op het matrikel, evenals de gegevens voor Brunswijk voor de jaren 1866/67-1869/70. Deze matrikels waren blijkbaar niet volledig want waar deze cijfers met cijfers uit andere bronnen vergeleken konden worden lag het aantal studenten vermeld in het matrikel steeds onder dat uit de andere bron. In het geval van Berlijn lagen de totale studentenaantallen 5 à 20% hoger dan de aantallen studenten die in het matrikel geregistreerd stonden. Corrigeren we voor deze onvolledigheid dan worden de aantallen chemie-studenten voor Berlijn in 1849 16, in 1855 54, in 1861 72 en in 1867 56 studenten.<sup>3</sup> Waarschijnlijk gaat het bij deze getallen om alle studenten die van plan waren de chemische richting te volgen (dus ook om de studenten die nog aan de eerste uniforme anderhalf jaar van het programma deelnamen). Kofistka vermeldde namelijk dat van de 96 studenten in het derde studiejaar (in 1861/62) er 20 chemie studeerden.<sup>4</sup> De Berlijnse studentenaantallen in de tabel mogen daarom niet zonder meer met die van de andere polytechnische scholen vergeleken worden (relatief zijn ze ongeveer een factor twee te hoog). Pas vanaf 1883/84 zijn voor Berlijn de aantallen chemiestudenten voor ieder studiejaar bekend. Voor de eerste paar jaar luiden de cijfers, inclusief de studenten in de metallurgie: 1883/84 45 (65) studenten, 1884/85 68 (89) studenten, 1885/86 70 (109) studenten en 1886/87 89 (122) studenten (tussen haakjes de aantallen inclusief de 'Hospitanten').

Omdat in Brunswijk een van de chemische leerstoelen, namelijk de leerstoel algemene chemie (inclusief de analytische chemie), behoorde tot de 'pharmazeutische Fachschule' heb ik voor die polytechnische school ook de studenten van die afdeling apart vermeld. Op verschillende andere polytechnische scholen - bijvoorbeeld in Stuttgart en Zürich - maakten de farmacie-studenten deel uit van de 'chemisch-technische (Fach)Schule'. Hun aantal is dus begrepen in de in de tabel vermelde getallen. Bij de onderlinge vergelijking van de aantallen dient men hiermee rekening te houden. Voor Zürich is het mogelijk, op basis van onderzoek van Wankmüller, het aantal chemie-studenten - na aftrek van de farmaceuten - te berekenen. Dit aantal is tussen haakjes achter het studentenaantal van de 'chemisch-technische Fachschule' geplaatst.

In het algemeen geldt dat in de tabel voor scholen met volledige jaargangen de studentenaantallen gedurende het gehele studiejaar aangegeven zijn en voor scholen met een semestersysteem de aantallen in het wintersemester. In de meeste gevallen gaat het om de aantallen reguliere studenten (excl. de toehoorders). Een uitzondering vormen de cijfers voor München.<sup>5</sup> Deze zijn inclusief de toehoorders, evenals die voor Stuttgart voor de jaren 1832-1845. Evenals in bijlage B is aangegeven, is bij gebrek aan overeenstemming tussen twee bronnen de voorkeur gegeven aan de langste tijdreeksen.

#### **Toelichting bij de tabel:**

##### **Wenen:**

- (1) = Examinandi algemene technische chemie
- (2) = Studenten speciale technische chemie
- (3) = Examinandi speciale technische chemie
- (4) = Studenten analytisch-chemische cursus, na 1865 chemie-studenten i.h.a.

##### **Hannover:**

- (1) = Examinandi theoretische chemie
- (2) = Studenten praktische chemie
- (3) = Examinandi praktische chemie

Jaar	Wenen				Berlijn	Karlsruhe	München	Dresden
	(1)	(2)	(3)	(4)				
1815/16								
1816/17								
1817/18	16	16	-					
1818/19	17	22	21					
1819/20	17	31	14					
1820/21	38	26	19					
1821/22	41	33	21					
1822/23	41	31	18					
1823/24	29	27	11					
1824/25	27	23	16					
1825/26	27	26	17					
1826/27	22	21	17					
1827/28	23	21	17					
1828/29	17	25	15					
1829/30	21	24	13					
1830/31	17	23	14					
1831/32	15	23	12					
1832/33	18	33	19					
1833/34	29	49	23					
1834/35	31	35	17					
1835/36	32	32	17					
1836/37	33	45	21					
1837/38	34	39	20					
1838/39	43	50	30					
1839/40	51	50	27					
1840/41	48	47	28					
1841/42	52	77	50					
1842/43	48	74	54					
1843/44	46	66	27					
1844/45	85	89	29					
1845/46	96	92	32	22				
1846/47	75	95	34	22				
1847/48	11	73	9	28			11	
1848/49	0	0	0	0			21	
1849/50	33	41	12	15	13	19		



---

Stuttgart	Hannover			Brunswijk		Darmstadt	Zürich	Jaar
	(1)	(2)	(3)	chemie	farmacie			
								1815/16
								1816/17
								1817/18
								1818/19
								1819/20
								1820/21
								1821/22
								1822/23
								1823/24
								1824/25
								1825/26
								1826/27
								1827/28
								1828/29
								1829/30
								1830/31
	2	4	1					1831/32
15	3	1	-					1832/33
27	7	8	4					1833/34
27	10	7	4					1834/35
16	9	2	1					1835/36
16	12	5	2					1836/37
25	19	4	4					1837/38
16	16	7	4					1838/39
11	7	6	2					1839/40
19	12	1	1					1840/41
27	16	5	4					1841/42
30	10	3	1					1842/43
36	21	7	5					1843/44
24	23	5	4					1844/45
15	28	2	-					1845/46
14	32	7	5					1846/47
14	29	7	4					1847/48
6	10	8	3					1848/49
6	17	10	6					1849/50

---

Jaar	Wenen				Berlijn	Karlsruhe	München	Dresden
	(1)	(2)	(3)	(4)				
1850/51	-	-	-	27	-	17		
1851/52	-	-	-	-	-	24		12
1852/53	-	-	-	-	-	20		11
1853/54	-	-	-	-	-	20		11
1854/55	-	-	-	-	-	31		14
1855/56	-	-	-	-	48	40		11
1856/57	-	-	-	-	-	63		13
1857/58	-	-	-	-	-	59		12
1858/59	-	-	-	-	-	73		9
1859/60	-	-	-	-	-	56		9
1860/61	-	-	-	-	-	48		10
1861/62	-	-	-	-	68	37		8
1862/63	-	-	-	-	-	32		15
1863/64	-	-	-	-	-	29		19
1864/65	-	-	-	-	-	36		18
1865/66				-	-	37		11
1866/67				-	-	37		18
1867/68				-	49	23		20
1868/69				-	-	32	25	21
1869/70				-	-	45	-	26
1870/71				-	-	29	51	34
1871/72				-	-	37	-	34
1872/73				-	-	41	-	32
1873/74				-	-	40	-	31
1874/75				-	-	51	-	43
1875/76				-	-	52	92	58
1876/77				113	-	48	-	69
1877/78				-	-	53	-	69
1878/79				-	-	48	-	65
1879/80				-	37	46	65	64
1880/81				-	40	34	66	65

Stuttgart	Hannover			Brunswijk		Darmstadt	Zürich	Jaar
	(1)	(2)	(3)	chemie	farmacie			
9	27	9	7					1850/51
15	33	6	5					1851/52
19	37	7	4					1852/53
23	26	13	8					1853/54
19	33	9	7					1854/55
33		10					13 (13)	1855/56
36							17 (17)	1856/57
36							7 (7)	1857/58
37							13 (13)	1858/59
37							14 (13)	1859/60
23							29 (25)	1860/61
22							47 (45)	1861/62
42		15		3	8		51 (51)	1862/63
44				2	14		61 (58)	1863/64
62				10	11		56 (48)	1864/65
88				8	9		70 (61)	1865/66
68				(5)	(8)		59 (52)	1866/67
71				(16)	(8)		62 (47)	1867/68
71				(5)	(7)		72 (61)	1868/69
85				(4)	(10)		86 (79)	1869/70
43				7	11	5	76 (74)	1870/71
57				20	19	-	91 (77)	1871/72
63				22	26	-	94 (79)	1872/73
55				15	47	-	88 (78)	1873/74
60				13	30	-	69 (59)	1874/75
48				23	14	-	64 (59)	1875/76
59				22	24	-	80 (68)	1876/77
59				28	20	-	84 (67)	1877/78
62				18	24	-	69 (47)	1878/79
54		30		23	22	13	81 (70)	1879/80
65		11		16	26	13	86 (76)	1880/81

*Enige aanvullende gegevens:*

Voor het eind van de jaren 1870 zijn voor Duitsland en Oostenrijk ook de totale aantallen polytechnische chemie-studenten bekend. Uit die cijfers blijkt dat in Oostenrijk de polytechnische chemie-studie een veel centralere rol speelde dan in Duitsland (waar de universiteiten belangrijker waren). Aan de 6 Oostenrijkse polytechnische scholen werden meer chemie-studenten opgeleid dan aan de 9 Duitse zusterinstellingen. Aan de Duitse polytechnische scholen studeerden tussen 1879 en 1881 gemiddeld per semester 340 studenten chemie, waarvan 94 aan de drie Pruisische polytechnische scholen (Berlijn, Aken en Hannover) en 246 aan de overige scholen (inclusief de toehoorders te München). Voor Oostenrijk luiden de aantallen als volgt: 1876/77 418 chemie-studenten, 1877/78 424 chemie-studenten, 1880/81 709 chemie-studenten en 1881/82 781 studenten chemie. Voor het studiejaar 1876/77 is ook de verdeling over de polytechnische scholen bekend: Wenen 113, Praag (Duitse TH) 62, Praag (Tsjechische TH) 122, Graz 48, Brünn 35 en Lemberg 32.

*Bronnen:*

Totaal-cijfers betreffende de aantallen chemie-studenten aan de Oostenrijkse en Duitse polytechnische scholen - welke soms tevens uitgesplitst zijn naar de verschillende instellingen - staan vermeld in Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 363, 365; Lehr, 'Frequenz, Einnahmen und Kosten' (1883), 286; Conrad, *Das Universitätsstudium*, 158; idem, 'Einige Ergebnisse', 437; en Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 62. Gegevens betreffende meerdere polytechnische scholen zijn voorts vermeld in Kořistka, *Der höhere polytechnische Schulen* (1863), 46, 67, 77; en in Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen*, 198, 235, 244, 263, 274, 289, 299.

Daarnaast zijn gebruikt voor de verschillende afzonderlijke polytechnische scholen:

Wenen: Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 363, 366-367, 369;

Berlijn: Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 114-116, 125-132; Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft*, I, 571;

Karlsruhe: *Festgabe zum Jubiläum*, xc-xcii; Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 232, 238;

Dresden: Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 30-32;

Stuttgart: Borst, *Schule des Schwabenlands*, 169; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 236; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 250-253;

Hannover: Karmarsch, *Die polytechnische Schule* (1856), tabellen bij p. 158 en bij p. 173; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 50;

Brunswijk: Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 65; Albrecht, *Technische Bildung*, 676, 678, 680 en tabel 11 (na p. 686);

Zürich: Guggenbühl, 'Eidgenössischen Technischen Hochschule', 255; Wankmüller, 'Studierenden der Pharmazie an der ETH Zürich'.

**Opmerkingen:**

1. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 169.
2. Hülse, *Die Königliche polytechnische Schule* (1853), 42.
3. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 126-127, 281-282.
4. Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 67.
5. De door Müller en Zymek voor München weergegeven aantallen chemie-studenten (voor 1849, 1859, 1869 etc.) zijn onjuist. Deze cijfers blijken betrekking te hebben op de polytechnische school te Stuttgart.  
Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 83. Vgl. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen*, 263.

## BIJLAGE D

### DE DUITSTALIGE POLYTECHNISCHE SCHOLEN EN DE DAARAAN VERBONDEN CHEMIE-DOCENTEN TOT ONGEVEER 1870

Deze bijlage bevat de resultaten van mijn onderzoek naar de ontwikkeling van het chemische onderwijs aan de Duitse polytechnische scholen. Een overzicht wordt gegeven van alle Duitstalige polytechnische scholen die, voor zover ik heb kunnen nagaan, vóór 1870 in Oostenrijk, Duitsland en Zwitserland hebben bestaan.<sup>1</sup> Van iedere school wordt een schets van de (institutionele) geschiedenis gegeven, gevolgd door een opsomming van de (hoog)leraren die aan die school in de betreffende periode de chemie hebben gedoceerd. Deze bijlage vormde de grondslag voor de analyse van de institutionele ontwikkeling van het chemische onderwijs aan de Duitse polytechnische scholen die in de hoofdstukken 5, 6 en 9 en in §§ 3.3 en 8.5 is gepresenteerd. Serieuze pogingen om polytechnische scholen op te richten die uiteindelijk geen succes hadden, zijn in bijlage E vermeld.

In deze bijlage en in bijlage E zijn 'polytechnische scholen': (1) alle scholen die gedurende één of meerdere jaren in de periode tot 1870 de officiële benaming *polytechnische Schule* of *polytechnisches Institut* droegen, en (2) scholen die deze benaming niet droegen, maar die door tijdgenoten als vergelijkbaar met een polytechnische school werden beschouwd. Hieronder vielen, in de periode tot ongeveer 1850, bijvoorbeeld vrijwel alle *höhere Gewerbeschulen*.<sup>2</sup> De scholen zijn hieronder alfabetisch gerangschikt naar vestigingsplaats, en vervolgens, binnen één stad, chronologisch. De scholen staan vermeld onder hun eerste officiële naam. Officieuze namen en latere naamswijzigingen staan in de gepresenteerde 'schoolbiografieën' vermeld.

Per school worden de namen en leeropdrachten vermeld van alle gewone- en buitengewone hoogleraren, leraren, docenten en hulpleraren die vóór 1870 aan die school het vak chemie doceerden. Privaat-docenten - die overigens in de tijd vóór 1870 nauwelijks voorkwamen aan de polytechnische scholen - zijn niet opgenomen, evenmin als de (practicum)assistenten. Achtereenvolgens worden vermeld: de jaren waarin de desbetreffende docent een bepaalde leeropdracht vervulde, de naam van de docent en de omschrijving van de leeropdracht. Door wijzigingen in de leeropdracht kan de naam van een bepaalde docent meerdere malen voorkomen. Van personen aangesteld vóór 1870 is ook de carrière na 1870 opgenomen. Wanneer achter de naam van een docent geen titel is aangegeven, is deze identiek aan de titel die boven ieder rijtje namen vermeld staat. Voor buitengewone hoogleraren is de afkorting 'ao.Prof' gebruikt.

**Bronnen:**

Deze bijlage is gebaseerd op drie groepen bronnen: (1) op een aantal - hieronder te noemen - algemene werken en bronnen betreffende de geschiedenis van het Duitse polytechnische onderwijs. Deze bronnen zijn per school niet meer afzonderlijk genoemd; (2) op de literatuur die per school steeds is aangegeven; en (3) op een biografisch onderzoek naar de levensloop van alle vermelde chemie-docenten.

Bij de bedoelde algemene werken en bronnen gaat het (in chronologische volgorde) om: Von Viebahn, *Statistik*, III (1868), m.n. 1146-1153; 'Verzeichniss der Lehrkräfte' (1875); Zöller, *Universitäten*, m.n. 47-48, 53-63, 67-70, 74, 76; Fick ed., *Auf Deutschlands hohen Schulen*, m.n. 452-459; Treue, 'Geschichte des technischen Unterrichts'; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, m.n. 13, 15-23, 25, 29-31, 36, 96-98, 112, 123, 196; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*; Boehm en Müller ed., *Universitäten und Hochschulen*; en Albrecht, *Technische Bildung*, m.n. 48-56, 66-70, 85, 104-106, 238-239, 283. Het recente boek van Albrecht bevat een zeer uitgebreide literatuurlijst en vormt daardoor een uitstekend uitgangspunt voor verder onderzoek. Vier overzichtswerken met betrekking tot de Duitse polytechnische scholen bevatten zoveel relevante informatie dat die boeken - of de daarin voorkomende artikelen - wel bij de afzonderlijke scholen genoemd zijn: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847); Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863); Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen*; en *Die deutschen technischen Hochschulen*.

Sinds het recente verschijnen van Gorzny's onvolprezen *Deutsches Biographisches Archiv* en de daarbij behorende *Deutscher Biographischer Index* is het relatief eenvoudig geworden om van min of meer vooraanstaande Duitsers en Oostenrijkers biografische informatie te achterhalen. Ieder prosopografisch onderzoek naar groepen Duitse wetenschappers, leraren, politici, industriëlen, of naar welke elite dan ook, dient dan ook - als het om de periode vóór 1900 gaat - met het consulteren van dit naslagwerk te starten. Wanneer men, zoals in ons geval, biografische gegevens over natuurwetenschappers, chemici, farmaceuten en dergelijke wil achterhalen dient men zich echter wel te realiseren dat een aantal zeer belangrijke bronnen in het naslagwerk van Gorzny niet opgenomen zijn. Daarbij gaat het men name om Poggendorff's, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*, om de *Deutsche Apotheker-Biographie*, om de *Dictionary of scientific biography* en om de necrologieën die verschenen zijn in de *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft*, in het *Zeitschrift für angewandte Chemie* en in de *Chemiker-Zeitung*. Een deel van die necrologieën kan ontsloten worden met behulp van Fruton's *bio-bibliography* (met supplement). Daarnaast zijn niet in het *Deutsches Biographisches Archiv* opgenomen de meest recente delen van de *Neue Deutsche Biographie*, het, evenmin afgesloten, *Österreichisches biographisches Lexikon* en *Bosls bayerische Biographie*.

Alle bovengenoemde biografische naslagwerken zijn gebruikt bij het onderzoek naar de levensloop van de verschillende chemie-docenten. De weinige personen van wie niets gevonden werd zijn vervolgens nog nagetrokken in de *National Union Catalog* en in het, eveneens onvolprezen, *Gesamtverzeichnis des deutschsprachigen Schrifttums*. In enkele gevallen leverde dit bibliografische onderzoek aanvullende biografische gegevens op (zoals levensdata en het jaar en de titel van een dissertatie). Van een verwijzing naar de individuele biografische bronnen is hieronder (evenals in bijlage F) om plaatsredenen afgezien.

## DE POLYTECHNISCHE SCHOLEN EN HUN CHEMIE-DOCENTEN

## AUGSBURG

*Real-Institut*

Opgericht in 1808 door de Beierse overheid. Ook 'Polytechnische Schule', 'Polytechnisches Institut', of 'physiko-technisches Institut' genoemd. De school bood een vierjarige opleiding voor leerlingen van 14-18 jaar en bereidde zowel voor op de universiteit (staatstechnici), als op burgerlijke betrekkingen. In oktober 1811 werd de school van een vierklassige school ingekrompen tot een éénklassige. Gesloten in 1816.

Professor

1808-1816                      K.W. Juch, chemie en natuurlijke historie

Bronnen: Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 488; Knabe, 'Realschulwesen', 263; Gehring, 'Pläne eines Stuttgarter Polytechnikums von 1817', 409; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 88-95, 98; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 589-590; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 218; Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 122.

*Polytechnische Lehranstalt*

Opgericht in 1822 door de plaatselijke *Polytechnische Verein*, op initiatief van J.C. Dingler. Het kosteloze onderwijs was vooral bestemd voor toekomstige fabrikanten en manufacturiers en werd op alle weekdays gegeven tussen 16 en 19 uur en 's zondags van 8 tot 12 uur. Bij gebrek aan een eigen gebouw werden verschillende lessen, waaronder die in de chemie en de technologie, gegeven in de chemische fabriek van Dingler. Na ruim een jaar moest de school, op financiële gronden, gesloten worden.

Leraar

1822-1823?                      J.C. Dingler, algemene en technische chemie, technologie

Bronnen: (Dingler), 'Polytechnische Lehranstalt' (1822); (Dingler), 'Einige Bemerkungen' (1825), 476-477; Pfisterer, *Der Polytechnische Verein*, 97; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 586-587.

*Polytechnische Schule*

Opgericht omstreeks 1831-1833 door de stad Augsburg. In 1833 werd het instituut, samen met de scholen te München en Nürnberg, gereorganiseerd en overgenomen door de Beierse staat. De school werd toen een drieklassige dagopleiding ('Technisches Lyceum') voor leerlingen van 15-18 jaar, bestemd als voorbereiding zowel op hogere nijverheidsberoepen ('höhere Gewerben'), als op een studie aan de 'Technische Hochschule' te München (staatstechnici). De school startte alleen met een 'chemische klas', mede omdat vanwege de Beierse overheid bevolen was de school met name op de ververij en de textielindustrie te



richten. Vanaf 1835 was er ook een mechanische werkplaats. Het theoretische onderwijs kende overigens geen disciplinaire opsplitsing, maar slechts een onderverdeling in een studierichting voor technici (3 jaar) en kunstenaars (tekenen; 2 jaar). Opgeheven in 1864 en in 1870 in gewijzigde vorm heropgericht als 'Industrieschule'.

#### Leraar

1833-1864 F. Leo, theoretische en praktische chemie (tevens directeur)

Bronnen: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 33-38; Kotistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 48-52; Voigt, 'Lehre', 34, 127; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 121-122, 125-126, 150-154; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 584-586, 590-593; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-86.

### **BERLIJN**

#### *Technische Schule*

Opgericht in 1821 door de Pruisische overheid onder de naam *Technische Schule* of 'Technisches Institut'. Klassikaal, verplicht onderwijs gedurende twee jaar, bestemd voor toekomstige fabrikanten en ambachtslieden. In 1826 werd een extra semester - de 'Suprema' - toegevoegd, speciaal bestemd voor de praktische vervolgopleiding van machinetechnici en (vanaf 1829?) chemische beroepen. De eerste twee jaar volgden alle leerlingen een gemeenschappelijk programma. In de praktisch gerichte 'Suprema' was er een apart 'mechanisch' en een 'chemisch' curriculum. In 1827 naamswijziging in *Kgl. Gewerbe-Institut*. 1831/32 reorganisatie en verlenging van de 'Suprema' tot een jaar. In 1846 richtte Rammelsberg een nieuw metallurgisch laboratorium voor 'Bergelëven' in, 'in het kader van het *Gewerbe-Institut*'. 1850 volgde de inrichting van een nieuw chemisch laboratorium, eveneens onder leiding van Rammelsberg. 1850 reorganisatie en splitsing van het onderwijs in drie studierichtingen, waaronder een voor 'Chemiker'. De minimum entree-leeftijd van de driejarige opleiding is dan 17 jaar. In 1860 opnieuw een reorganisatie, waarbij de 'Lerhfreiheit' ingevoerd werd en aparte 'Fachabteilungen' werden gevormd, onder andere voor 'chemie en metallurgie'. Een apart laboratorium voor organische chemie werd toen ingericht. Bij verlaten van de school kreeg de leerling een getuigschrift. In april 1866 verheven tot *Kgl. Gewerbe-akademie*. 1871 officieus de status verkregen van een technische hogeschool en splitsing van de afdeling 'chemie en metallurgie' in twee aparte afdelingen (1879 weer samengevoegd). 1873 werd de 'Diplomprüfung' ingevoerd, onder andere voor 'technische Chemiker'.<sup>3</sup> Per 1-4-1879 opgegaan in de dan opgerichte *Königlich-Technische Hochschule zu Berlin*. 1884 verplaatsing van de TH naar Berlijn-Charlottenburg.

#### Professor/ Leraar

1821-1849	E.L.Schubarth, chemie en fysica <sup>4</sup>
1850-1856	G. Magnus, chemische technologie
1856-1862?	E.L.Schubarth, chemische technologie
1862?-1890	F.R. Weber, chemische technologie

1822-1838	F.C. Accum, toegepaste chemie en mineralogie <sup>5</sup>
1850-1883	C.F. Rammelsberg, chemie en mineralogie
1860-1872	J.F.W.A. Baeyer, organische chemie

Bronnen: (Dingler), 'Einige Bemerkungen' (1825), 476-477; Schubarth, *Handbuch der technischen Chemie* (1839-1840); idem, *Handbuch der technischen Chemie* (1851); Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 63-67; Guttstadt, *Staatsanstalten Berlins*, 451-476; Simon, *Die Fachbildung*, 726-747; Warschauer, 'Die Königlich Preussische technische Hochschule zu Berlin'; Damm, *Die Technischen Hochschulen*, 12-40, 291; *Die Technische Hochschule zu Berlin*; Niemann, 'Aus der Vorgeschichte'; Predeck, 'Technische Hochschule Berlin'; Cole, 'Friedrich Accum'; Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 375; Strunz, *Von der Bergakademie*, 17-19, 24, 26-28, 92-93; Lundgreen, *Techniker in Preussen*; Rürup, *Wissenschaft und Gesellschaft*; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 100-112; Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 350, 397.

## BOEDAPEST

### *Josephs-Industrieschule*

Opgericht in Pest in 1846 als *Josephs-Industrieschule*, naar het voorbeeld van het *k.k. polyt. Inst.* te Wenen. De school had een voorbereidende 'Realklasse', en daarna twee afdelingen: een 'technische' en een 'commerciële'. Tussen 1848 en 1850 was de school gesloten. In 1856/57 werd de school naar Ofen (= Buda) verplaatst en verheven tot *k.k. Polytechnikum*. Vanaf 1860 werd het onderwijs in het Hongaars gegeven.

### Professor

1847-1848	K.M. Nendtvich, chemie en technologie
1850-1856	K.M. Nendtvich, chemie en technologie
1857-1881	K.M. Nendtvich, chemie (en technologie?)

Bronnen: Bidermann, *technische Bildung* (1854), 92-93, 116, 125; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 167-168; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 16, 22-23, 25, 34-35, 43, 150.

## BRÜNN (BRNO)

### *k.k. technische Lehranstalt*

In 1849 opgericht als *k.k. technische Lehranstalt* - welke een gedeeltelijke voortzetting was van de voorheen te Olmütz bestaande *ständische Akademie*. Het instituut was in een voorbereidende cursus, een technische en een commerciële afdeling gesplitst. 1860 werd

een nieuw gebouw betrokken. In 1867 naamswijziging in *k.k. technisches Institut*, reorganisatie en de oprichting van 'Fachabteilungen' voor werktuigbouwkunde en voor technische chemie. Splitsing van de chemische leerstoel. Ook invoering van een 'Diplomprüfung' voor (o.a.) chemici. 1871 werd een derde 'Fachschule', voor 'Ingenieur-Bauwesen', toegevoegd. In 1873 verheven tot *Technische Hochschule*.

#### Professor

1850-1867 B. Quadrat, algemene en speciale technische chemie

1867-1871 B. Quadrat, algemene en analytische chemie

1869-1887 K. Zulkowsky, chemische technologie

Bronnen: Bidermann, *technische Bildung* (1854), 94-97, 105, 116, 125; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Lemayer, *Verwaltung der österreichischen Hochschulen* (1878), 318-327, 334, 339-342; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 167-169; Richter, 'Deutsche Technische Hochschule Brunn'; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 16, 23-25, 34-35, 37, 39-40, 43; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 308.

### BRUNSWIJK

#### *Collegium Carolinum*

Oppericht in 1745 door de hertog van Brunswijk. Van 1808 tot 1814 militaire akademie van het Koninkrijk Westfalen. In 1814 heropgericht. Een chemisch laboratorium was toen reeds aanwezig. Naast natuurwetenschappelijk en technisch onderwijs, nam het onderwijs in de klassieke en moderne talen een grote plaats in. In 1835 gereorganiseerd - in het kader van pogingen om van de instelling een 'polytechnische school' te maken - en gesplitst in een 'technische', een 'merkantilistische' en een 'humanistische' afdeling. Toen ook uitbreiding en modernisering van het laboratorium. De school richtte zich zowel op de opleiding van staatstechnici, als op de landbouw en het 'höhere Gewerbefach'. 1855 vaststelling van 'normale' leergangen, ook voor de chemie, naar het voorbeeld van Karlsruhe. 1857 aanstelling van de eerste laboratoriumassistent. 1862 nieuwe reorganisatie en naamswijziging in *Herzogliche Polytechnische Schule Collegium Carolinum*, met acht 'Fachschulen', waaronder een 'Pharmazeutische Fachschule' en een 'Chemisch-technische Fachschule' (vanaf 1878 'Abteilungen'). De leerstoel 'farmacie en algemene chemie' behoorde tot de farmaceutische afdeling en de leerstoel 'technische chemie' tot de chemisch-technische afdeling. In 1862/63 werd een nieuw chemisch-technisch laboratorium geopend. Vanaf 1872/73 konden leerlingen na beëindiging van de opleiding een getuigschrift krijgen. In 1877/78 verheven tot *Technische Hochschule Carolo-Wilhelmina*, en toen ook de invoering van speciale getuigschriften - ook voor chemici - als het 'Normal-Studienplan' met goede resultaten was gevolgd. De 'Diplomprüfung', voor onder andere chemici, werd echter pas 1893 ingevoerd. 1877 tevens nieuwbouw, waaronder een groot laboratorium.

Professor

1814-1818	J.H.G. Fricke, chemie
1818-1823	J.H.G. Fricke, chemie en fysica
1823-1835	K.M. Marx, fysica en chemie
1835-1846	K.M. Marx, fysica en algemene chemie <sup>6</sup>
1846-1862	F.J. Otto, chemie en farmacie
1862-1870	F.J. Otto, farmacie en algemene chemie
1835-1842	F.J. Otto, ao.Prof technische chemie en farmacie
1842-1846	F.J. Otto, technische chemie en farmacie (en analytische chemie) <sup>7</sup>
1862-1863	A. Seyferth, waarnemend hulpleraar fysica en technische chemie
1863-1889	F.L. Knapp, technische chemie en metallurgie
1835-1839	P.K. Sprengel, landbouwkunde en landbouwchemie <sup>8</sup>

Bronnen: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 39-44; Otto, *Lehrbuch der rationellen Praxis* (1848); Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 79; Fricke, 'Die Herzogliche technische Hochschule 'Carolo-Wilhelmina' in Braunschweig'; Roloff, 'Technische Hochschule Braunschweig'; Schneider ed., *Die Technische Hochschule in Braunschweig*; Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 64-76; Müller, *Lehrkräfte am Collegium Carolinum*; Hufbauer, *German chemical community*, 235; Albrecht, 'Traditionalismus'; idem, *Catalogus Professorum*; idem, *Technische Bildung; Referate beim Workshop*.

**DARMSTADT***Höhere Gewerbeschule*

In 1836 werd de in 1826 opgerichte *Real- und Technische Schule* - die ontstaan was uit de *Realschule* (geopend 1822) en de daarmee verbonden *Bauschule* (opgericht 1812) - uitgebreid met een tweeklassige *Höhere Gewerbeschule*. In 1839 werd de school, bestemd zowel voor toekomstige staatstechnici als voor fabrikanten, drieklassig en splitste men de derde klas in vier richtingen (chemisch-technisch; mechanisch-technisch; ingenieurs/geodetisch; bouwkundig). Een strakke splitsing in aparte afdelingen werd evenwel niet doorgevoerd. 1843-45 bouw van een nieuwe school en van een, zeer goed geoutilleerd, apart gebouw voor het chemische onderwijs. 1847 afsplitsing van een landbouwklas van de chemisch-technische klas, waardoor het aantal 'Fachklassen' op vijf kwam. In 1859 werd een 'Ingenieur-klasse' toegevoegd. De vijf bestaande 'Fachklassen' kregen tevens een meer zelfstandig karakter. In 1864 wederom een reorganisatie: ingenieurs worden voortaan weer aan de Hessische universiteit te Giessen opgeleid. De school in Darmstadt wordt verlaagd tot een *technische Schule*. In 1868 komt de ingenieursopleiding weer naar Darmstadt. Naamswijziging in *Polytechnische Schule*, verbetering en uitbreiding van het onderwijs en invoering van getuigschriften en diploma's. De school werd gesplitst in aparte 'Fachschule', waaronder een 'chemisch-technische Schule'. Geen eindexamens. In 1877 verheven tot de *Grossherzogliche Hessische Technische Hochschule*. 1874 werden de technische opleidingen aan de universiteit te Giessen opgeheven.

**Professor**

1836-1857	K.F.A. Moldenhauer, leraar chemie en mineralogie <sup>9</sup>
1857-1864	K.E. Thiel, provisorisch leraar technische chemie en mineralogie
1864-1869	K.E. Thiel, leraar technische chemie en mineralogie
1869-1871	K.E. Thiel, oa.Prof chemische technologie en mineralogie
1871-1878	K.E. Thiel, chemische technologie en mineralogie
1878- ?	K.E. Thiel, chemische technologie
1847-1853	K.F.E. Fries, leraar landbouwkunde en landbouwchemie
1855-1863	P.T. Büchner, docent met leeropdracht
1863-1869	P.T. Büchner, ao.Prof chemie
1869-1880	P.T. Büchner, chemie

Bronnen: Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843); Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 58-63; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 79; Berghoff-Ising, 'Die Grossherzoglich Hessische Technische Hochschule zu Darmstadt'; Schlink, 'Technische Hochschule Darmstadt'; Lipsmeier, 'Auseinandersetzungen', 918-932; Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 88-92; Böhme ed., *100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt*; Lundgreen, 'Fachschulen', 296.

**DRESDEN***Technische Bildungsanstalt*

In 1828 gesticht als *Technische Bildungsanstalt für das Königreich Sachsen*, bestemd voor fabrikanten en ambachtslieden. Aanvankelijk was de school vooral op de mechanische techniek gericht. In 1832 startte ook het speciale onderwijs in de (technische) chemie. Een klein laboratorium werd ingericht (1833 toen nieuw gebouw betrokken werd). 1835 splitsing van de school in een tweejarige 'obere Abteilung', waarin ook de chemie werd gedoceerd, en een tweejarige 'untere Abteilung'. In 1838 verhoging van de entree-leeftijd voor de 'untere Abteilung' tot 15 jaar. De 'obere Abteilung' is dan voortaan voor de 'Ausbildung wissenschaftlicher Techniker vom Fach für privaten oder öffentlicher Beruf'. 1846 werd een nieuw onderwijslaboratorium voor chemie geopend. 1847 verlenging van de 'untere Abteilung' tot vier jaar (entree: 14 jaar) en splitsing van de 'obere Abteilung' in een mathematisch-mechanische en een chemische 'Kurs' (die overigens ook beide gevolgd konden worden). 1850 splitsing van de chemische leerstoel. In 1851 verheven tot *Königliche Polytechnische Schule* en formele splitsing van de hoogste klas in drie 'Sektionen' (machinebouw; bouwkunde; en chemische techniek). 1852 (of 1863?) instelling 'Maturitätsprüfung'. Er werd echter geen diploma uitgereikt. 1865 wordt de studierichting techn. chemie omgezet in een 'chemisch-technische Schule'. In 1871 naamswijziging in *kgl. Polytechnikum* (in studieplan toen reeds 'technische Hochschule' genoemd). Invoering 'Lernfreiheit' en eindexamen. Formeel verheven tot *Technische Hochschule Dresden* in 1890. In 1883 werd de 'Diplomprüfung' ingevoerd.

Professor/ Leraar

1828-1832	H.D.A. Ficus, chemie, technologie en fysica
1832-1834	H.D.A. Ficus, chemie en fysica
1834-1842	L.F. Jähkel, fysica, chemie, technologie en warenkennis <sup>10</sup>
1842-1848	L.F. Jähkel, chemie en natuurlijke historie
1848-1848	H.B. Geinitz, provisorisch leraar fysica en chemie
1848-1850	E.G. Lösche, leraar theoretische en technische chemie en technische 'Naturlehre'
1850-1862	E.G. Lösche, theoretische chemie en hogere en experimentele fysica <sup>11</sup>
1862-1865	W.H. Fleck, leraar (theoretische) chemie
1865-1870	W.H. Fleck, (theoretische) chemie
1850-1879	H.W. Stein, leraar technische en praktische chemie <sup>12</sup>

Bronnen: Stein, *Die Organisation des chemischen Unterrichts* (1857); Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 55-62; Gess, 'Die Königlich Sächsische Technische Hochschule zu Dresden'; *Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule*; Reuther, 'Technische Hochschule Dresden'; Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 93-95; Rudolph, 'Wechselwirkungen'; Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*.

**DÜSSELDORF***Polytechnische Anstalt*

Deze school was een privé-instelling, die werd geleid door de bouwkundige prof. K.F. Schäffer (1778-1837). In 1817 stelde Schäffer voor om de Dusseldorffse *Kunstakademie* uit te breiden met een polytechnische school. Verzet van de zijde van de kunstacademie zorgde ervoor dat de Pruisische overheid er in 1821 vanaf zag om van de polytechnische school een staatsschool te maken. De particuliere school werd waarschijnlijk voortgezet tot Schäffers dood in 1837. In de geconsulteerde literatuur werd het oprichtingsjaar van de school niet vermeld, evenmin of er ook chemie werd gedoceerd.

Bronnen: Mennicken, 'Technische Hochschule Aachen', 11; Düwell, 'Gründung und Entwicklung', 20-21, 23.

**FREIBURG***Polytechnisches Institut*

Opgericht in 1818 door een particuliere vereniging, die gevormd was op initiatief van G.F. Wucherer (1780-1843), hoogleraar fysica en technologie aan de Freiburgse universiteit. Het onderwijs, dat zowel voor ambachtslieden (de tweejarige eerste klas voor leerlingen van 14-16 jaar), als voor kooplieden, fabrikanten, technici en kameralisten (de eveneens

tweejarige tweede klas, voor leerlingen van 16-18 jaar) bestemd was, startte in de herfst van 1818. Vijf van de negen leraren waren tevens hoogleraar aan de universiteit. Pogingen om het instituut, al dan niet verbonden met de universiteit, om te zetten in een gesubsidieerd staatsinstituut naar het voorbeeld van Parijs en Wenen, mislukten. In 1822 hield het instituut, om financiële redenen, feitelijk op te bestaan. Wucherer, die directeur was tot 1821, werd in 1825 de eerste directeur van de polytechnische school te Karlsruhe.

#### Leraar

1818-1821 F. von Ittner, natuurlijke historie (en chemie?)<sup>13</sup>

Bronnen: Gehring, 'Professor Wucherer'.

### GRAZ

#### *Joanneum*

Opgericht in 1811 door de Stiermarkense overheid als museum. Vanaf 1812 werden ook cursussen gegeven in onder andere de mineralogie, chemie, botanie, fysica en landbouwkunde. Hoewel de opzet van dit instituut sterk afweek van de scholen te Praag en Wenen, beschouwden tijdgenoten de instelling in 1816 als een van de drie 'polytechnische Lehranstalten' in het Oostenrijkse keizerrijk. Pas in 1827 echter volgde de benoeming van een 'Studien-Director' en de invoering van reguliere lesprogramma's. De instelling kreeg toen een steeds sterkere technische oriëntatie. 1835 werd een mijnbouwkundige afdeling opgericht, die in 1840 naar Vordernberg werd verplaatst. Na 1841 breidde het aantal technische leerstoelen sterk uit. 1844 erkenning van de getuigschriften van Graz door de Oostenrijkse overheid en de andere technische scholen. 1845 opening van een voorbereidende 'Realschule'. In 1864 verheven tot *Technische Hochschule* met ingang van het studiejaar 1865/66, met vier 'Fachschulen', waaronder een voor chemische technologie. Toen ook de splitsing van de chemische leerstoel en de invoering van 'Diplomprüfungen'.

#### Professor

1811-1829	L.C.J.A. von Vest, botanie en chemie
1830-1834	A. Schrötter, waarnemend prof. chemie en fysica
1834-1843	A. Schrötter, chemie en fysica <sup>14</sup>
1846-1865	J. Gottlieb, algemene en technische chemie
1865-1875	J. Gottlieb, zuivere en analytische chemie
1865-1890	K.L.H. Schwarz, chemische technologie

Bronnen: Bidermann, *technische Bildung* (1854), 68, 74, 91, 95, 98, 105, 116, 125; Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 313-316, 319, 321-325, 328-332, 335, 339, 342; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 167-170; Kohlrach, 'Technische Hochschule Graz'; Walzel, 'Montanische Hochschule Leoben', 212-215; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 16, 21-22, 25, 34-36, 40, 43; Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 14; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 278, 308.

**HANNOVER***Höhere Gewerbeschule*

Opggericht 1830 door de standen en de staat Hannover. In de oprichtingsfase werd vooral de benaming 'polytechnische school' gebruikt.<sup>15</sup> 1831 startte het onderwijs. Vrije vakkeuze, naar Weens voorbeeld. Men onderscheidde 'bouwkundige', 'mechanisch-technische' en 'chemisch-technische' beroepen, zonder dat van een strakke scheiding in de curricula sprake was. 1837 nieuw schoolgebouw. 1847 verheven tot *Polytechnische Schule* en invoering van examens voor de toekomstige staatsbeambten. 1853 start van het onderwijs in de technische chemie en invoering van een eindexamen voor werktuigbouwkundigen. 1854 nieuwbouw van een chemisch laboratorium. 1857 aanstelling van de eerste assistent chemie. In 1858 splitsing van de chemische leerstoel. Vanaf 1870 stond de school onder Pruisisch bestuur. 1873 invoering van eindexamens en diploma's, onder andere voor 'technische Chemiker'. 1879 verheven tot *Technische Hochschule*. Pas in 1880 kwam het tot de vorming van vijf 'Fachabteilungen', waaronder een voor de 'chemisch-technische wetenschappen'.

Professor/ Hoofdleraar

1831-1840	K. Karmarsch, (mechanische) technologie en theoretische chemie <sup>16</sup>
1831-1840	F. Heeren, fysica, mineralogie en praktische chemie <sup>17</sup>
1840-1853	F. Heeren, fysica, mineralogie en chemie <sup>18</sup>
1853-1858	F. Heeren, theoretische, praktische chemie en technische chemie <sup>19</sup>
1858-1876	F. Heeren, zuivere (anorg. + org.) en technische chemie
1876-1884	F. Heeren, technische chemie
1858-1876	K.J. Kraut, (zuivere) chemie en praktische en analytische chemie <sup>20</sup>
1876-1882	K.J. Kraut, anorganische, organische en analytische chemie
1882-1895	K.J. Kraut, anorganische en analytische chemie

Bronnen: Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844); idem, *Die polytechnische Schule* (1848); idem, *Die polytechnische Schule* (1856); Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 68-79; Ost, 'Die chemische Technologie', 659; Schäfer, 'Die Königlich Preussische technische Hochschule zu Hannover'; Damm, *Die Technischen Hochschulen*, 101-110, 291; Trommsdorff, *Der Lehrkörper*; Blum, 'Technische Hochschule Hannover'; *Festschrift zur 125-Jahrfeier*; Manegold, 'Entwicklung'; Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, 39-296; Seidel et. al. (ed.), *Festschrift zum 150jährigen Bestehen*.

**KARLSRUHE***Polytechnische Schule*

Opggericht in 1825 als *polytechnische Schule*, met een 'algemeine Klasse' ('Realschule') en twee parallele, daarop voortbouwende 'mathematische' en 'Handels- und Gewerbe' klassen (bestaande uit de 'technische' en een 'merkantilistische' afdeling). De mathematische klas bereidde voor op twee, in 1800 en 1808 opgerichte, bouwkundige- en ingenieursscholen.



Deze scholen werden in 1832 als 'Fachschulen' in de polytechnische school geïntegreerd. Daarnaast werden twee voorbereidende algemene ('mathematische') klassen en drie andere 'Fachschulen' gevormd (een 'höhere Gewerbeschule', een 'Forstschule' en een 'Handelschule'). De leerstoel algemene en technische chemie werd ondergebracht in de 'höhere Gewerbeschule'. 1836 betrok de school een nieuw gebouw. In 1847 werd de 'höhere Gewerbeschule' in een 'chemisch-techn.' en een 'mechanisch-techn. Schule' gesplitst. 1851 bouw van een nieuw chemisch laboratorium (1857 vergroot). 1862 naamswijziging van de 'chemisch-technische Schule' in 'chemische Schule'. In 1865 kreeg de school nieuwe statuten, waarin ze zichzelf als een 'technische hogeschool' opvat. In 1865 werden provisorisch en in 1867 definitief, 'Diplomprüfungen' ingevoerd. De officiële erkenning en naamswijziging in een *Technische Hochschule* volgde 1885.

#### Professor

1825-1850	F.A. Walchner, algemene en technische chemie en mineralogie <sup>21</sup>
1850-1868	K. Weltzien, chemie
1868-1876	J.L. Meyer, chemie
1851?-1868	K. Seubert, chemische technologie
1870-1876	K. Birnbaum, chemische technologie

#### Buitengewoon hoogleraar

1841-1842	K. Weltzien, leraar chemie
1842-1850	K. Weltzien, landbouwchemie <sup>22</sup>
1864-1868	K. Birnbaum, leraar technische chemie
1868-1870	K. Birnbaum, chemische technologie

Bronnen: (Dingler), 'Einige Bemerkungen' (1825); Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 45-51; Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 24-39; *Festgabe zum Jubiläum; Die Grossherzogliche Technische Hochschule*; Ost, 'Die chemische Technologie', 659; Von Zwiedineck-Südenhorst, 'Die Grossherzoglich Badische Technische Hochschule zu Karlsruhe'; Grimaux en Gerhardt, *Charles Gerhardt*, 15-19; *Festschrift anlässlich des 100jährigen Bestehens*; Fritz, 'Technische Hochschule Karlsruhe'; Gehring, 'Professor Wucherer'; Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 202-210; Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 50-56, 68-69, 166-172, 232-233, 238-240; Gispén, 'Technical Education', 77-88; Reusch, *Lebensmittelüberwachung*, 180-191, 252, 307, 375-376.

## KASSEL

### *Höhere Gewerbeschule*

Opgericht in 1831. De school was drieklassig. De hoogste klassen waren gesplitst in een technische en een commerciële afdeling. Vrije vakkenkeuze. Leerlingen van de technische afdeling kregen praktisch onderwijs in het laboratorium. In 1846 waren er nog geen 'Fachklassen' (Schödler). Volgens Kořistka had de school ca. 1854 (1863?) twee algemene klassen en vier 'Fachklassen'. In 1865-66 richtte Schmitt een nieuw chemisch laborato-

rium in. De school wordt dan ook wel de 'polytechnische Schule Kassel' genoemd. Nadat Hessen-Kassel in 1866 bij Pruisen was gevoegd kwam een discussie over de status van de school op gang. In 1868 werd de school door Viebahn nog tot de Pruisische polytechnische scholen gerekend, maar een officiële bevordering tot die status bleef uit. Omstreeks 1870 werd de school gedegradeerd tot een lagere rang.

#### Leraar

1832-1836	F. Wöhler, (technische) chemie, mineralogie en geognosie
1836-1839	R.W. Bunsen, (technische) chemie
1839-1860	C.G. Winkelblech, (technische) chemie
1861-1865	C.G. Winkelblech, technische chemie
1865-1869	R.W. Schmitt, (technische?) chemie
1860-1898?	J.E.E. Wiederhold, chemie

Bronnen: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 52-57; Kotistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 79; Wallach ed., *Briefwechsel* (1901), 401-404, 518-521, 567-569; Miles, 'James Curtis Booth'; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 25-26, 116-17, 599; Gustin, 'German chemical profession', 140.

### LEIPZIG

#### *Polytechnische Schule*

In 1829 gesticht door de in 1825 opgerichte *Polytechnische Gesellschaft* te Leipzig. De school werd aanvankelijk ook wel 'Sonntagsgewerbeschule der Polytechnischen Gesellschaft' genoemd. Geleidelijk ontwikkelde de school zich aan het einde van de 19de eeuw tot een echte beroepsopleiding, vooral voor de mechanisch-technische beroepen. De school bestond tot 1943.

#### Leraar

1829- ?	O.L. Erdmann, chemie en technologie
?-? (c.1851)	A.(G.) Lachmann, chemie

Bronnen: Lachmann en Reichenbach, *Allgemeine Farbwaaren-, Chemikalien- und Drogen-Kunde* (1851), titelpagina; Hiersemann, 'Das Entstehen', 74-75; idem, 'Die Herausbildung'.

### LEMBERG (LWOW)

#### *Technische Akademie*

In 1843 werd de reeds bestaande *staatliche Real- und Handels-Academie* (opgericht 1817) uitgebreid met een technische cursus. Hieruit groeide de *technische Akademie* (1844?), die in 1871 informeel (in 1877 formeel) de status van een *Technische Hochschule* kreeg. Vanaf

1871 werd het onderwijs in het Pools gegeven. Toen ook de splitsing in drie 'Fachschulen', waaronder een voor technische chemie. Grote uitbouw van de school vanaf 1870. In 1877 werd een nieuw chemisch laboratorium betrokken.

#### Professor

1844-1848	F. Rochleder, chemie
? - ?	Wolf, mineralogie en chemie <sup>23</sup>
1872-1892?	A. Freund, (algemene en analytische) chemie
1861- ?	H.R. Günsberg, chemische technologie <sup>24</sup>
1879- ?	J.W. Brühl, technische chemie

Bronnen: Bidermann, *technische Bildung* (1854), 85, 91-92, 105, 116, 125; Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 316, 320-321, 325, 328-329, 335-336, 340, 342; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 167-169; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 16, 22, 25, 34-35, 38, 40, 43; Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 39.

### LUZERN

#### *Polytechnische Lehranstalt*

Opgericht in 1828. De school bouwde voort op het secundaire onderwijs ('Realschule') en was zowel voor staatstechnici als voor toekomstige fabrikanten bestemd. Na enkele jaren werd de school reeds gesloten.

Bronnen: Guggenbühl, 'Eidgenössischen Technischen Hochschule', 20.

### 'MECKLENBURG'

#### *'polytechnisch instituut'*

In 1830 (of 1829) werd in Mecklenburg (Rostock?; Schwerin?) een polytechnisch instituut opgericht. De Weense technoloog K. Karmarsch kreeg een beroep naar die school. Hij gaf echter de voorkeur aan eenzelfde positie in Hannover.

Bronnen: Voigt, 'Lehre', 37; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 46

## MÜNCHEN

*Polytechnische Central Schule*

Opgericht in 1827 door de Beierse overheid, als uitbreiding van een sinds 1793 bestaande *Sonn- und Feiertagsschule*.<sup>25</sup> De school bood een zes jaar durende (deeltijd) cursus, bestemd voor toekomstige ambachtslieden en fabrikanten. De minimum leeftijd was 12 jaar. In 1833, evenals de scholen te Augsburg en Neurenberg, gereorganiseerd tot een driejarige dagopleiding ('Technisches Lyceum') voor leerlingen van 15-18 jaar, bestemd als voorbereiding zowel op 'hogere nijverheidsberoepen' ('höhere Gewerben'), als op een studie aan de 'Technische Hochschule' te München (staatstechnici). Vanaf 1836 gaf Kaiser speciale colleges over de bierbrouwerij. Het voortgezette technische onderwijs aan ingenieurs werd, tot 1840, ondergebracht aan de universiteit (zie onder) en vormde daarna de 4e klas van de polytechnische school. Vanaf 1857 werd de school, na verzelfstandiging van deze cursus, de 'polytechnische, Bau- und Ingenieurschule' genoemd, met een 'polytechnische' (3 jaar) en een daarop voortbouwende 'bouwkunde en ingenieurs' afdeling (2 jaar). In 1868 werd de deze school opgeheven en een nieuwe *Polytechnische Schule* opgericht, die in een omvangrijke nieuwbouw gehuisvest werd. Een van de vijf afdelingen was de 'Chemisch-technische Abteilung'. 1869 invoering van 'Absolutorial-Zeugnisse'. 1877 volgde de naamswijziging in *Technische Hochschule*.

(Hoog)leraar

1827-(1833?)	H.A. Vogel, algemene technische chemie
1827-1833?	F. Leo, speciale technische chemie
1834-(1868?)	G.C. (von) Kaiser, chemie
1868-1871	G.C. von Kaiser, toegepaste chemie
(1871?)-1896?	C. Stölzel, technische chemie
1868-1883	R.C.A.E. Erlenmeyer, (algemene?) chemie

Buitengewoon hoogleraar

1868-(1871?)	C. Stölzel, technische chemie
--------------	-------------------------------

Bronnen: (Von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827); Von Utzschneider, 'Bekanntmachung' (1827), 629 en 696; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 70-75; Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 48-52; Von Dyck, 'Die Königlich Bayerische technische Hochschule zu München'; Günther, 'Ein Rückblick'; Riedner, 'Technische Hochschule München'; Prandtl, *Geschichte des chemischen Laboratoriums*, 24; Kreft, 'Geschichte der Technischen Hochschule München'; *Technische Hochschule München*; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 109-110, 112-113, 121-122, 125-126, 150-154; Laufer, 'Das bayerische Brauwesen', 290; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-86.

*Technische Hochschule*

Opgericht in 1833. Deze hogeschool was geen afzonderlijke instelling, maar een papieren constructie die uit drie onderdelen bestond: de 'Staatswirtschaftliche Fakultät' van de universiteit te München, de *Akademie der bildende Künste* te München, en de landbouwschool te Schleissheim. Toegelaten werden leerlingen die een opleiding aan de polytechnische scholen te Augsburg, München en Neurenberg hadden gevolgd. Aan de Münchense universiteit werd in 1833 een 'Ingenieurkurs' gestart, die in 1840 weer werd samengevoegd met de Münchense polytechnische school. In de literatuur wordt vermeld dat de T.H. daarmee was opgeheven. Het onderwijs in de bosbouwkunde, metallurgie, technische chemie, landbouwkunde en technologie aan de 'Staatswirtschaftliche Fakultät' werd echter voortgezet. Deze 'Technische Hochschule' - uit de jaren 1833-1840, en eventueel nog later - moet niet verward worden met de *Technische Hochschule* die in 1868/1877 werd opgericht (zie boven).

Professor (aan de 'Staatswirtschaftliche Fakultät')<sup>26</sup>

1826-1844	L. Zierl, landbouwkunde en technische chemie
1843-1853	K.E. Schafhäutl, geognosie, mijnbouw, metallurgie <sup>27</sup>
1854-1863	F.L. Knapp, technische chemie
1826-1850	L.W. Medicus, land- en bosbouwkunde en technologie
1849-1851	G.C. Kaiser, 'Honorarprof.' technologie
1851-1871	G.C. Kaiser, technologie
1869-1889?	F.K.A. Vogel, landbouwchemie

Bronnen: Riedner, 'Technische Hochschule München', 228-229; Von Pechmann, 'Geschichte der Staatswirtschaftliche Fakultät', 140-145; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 126-127; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 82-83.

**NEURENBERG***Real-Institut*

Geopend op 11 januari 1809. Ook wel 'Physikotechnisches Institut', 'Höhere Realschule', of 'Polytechnisches Institut' genoemd. De school bood een vierjarige opleiding voor leerlingen van 14-18 jaar en bereidde zowel voor op de universiteit (staatstechnici), als op burgerlijke betrekkingen. Opgeheven in augustus 1816. De onderbouw, de 'Realschule', werd toen voortgezet als een burgerschool.

Professor

1809?-1810?	J.B. Herrmann, chemie en fysica
1811-1816	J.S.C. Schweigger, chemie en fysica

Bronnen: 'Anzeige neuer Schriften' (1816), 304; 'Gegenwärtige Besetzung' (1816), 312; Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 488; Knabe, 'Realschulwesen', 263; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 88-95, 98; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 218; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 122.

### *Polytechnische Schule*

In 1822 werd tot de oprichting van een stedelijke *polytechnische Schule* besloten, die 2 jan. 1823 geopend werd. De school bestond uit een tweeklassige burgerschool voor leerlingen van 12-14 jaar, gevolgd door een 'hogere' of 'technische' afdeling voor leerlingen (3e klas), gezellen en meesters (4e klas). Het onderwijs had een sterk praktische oriëntatie. In 1829 volgde de inrichting van een chemisch laboratorium en een reorganisatie van de school naar het voorbeeld van de *polytechnische Centralschule* te München. De school bestond uit een driejarige 'bildende Klasse', welke voortbouwde op een vierklassige tekenschool, en een tweejarige 'mathematisch-technologische Klasse', die de voortzetting vormde van een vierklassige 'mathematische school'. In 1833 ging de school over in handen van de Beierse overheid, die er een drieklassige dagopleiding ('Technisches Lyceum') voor leerlingen van 15-18 jaar van maakte, bestemd als voorbereiding zowel op 'hogere nijverheidsberoepen' ('höhere Gewerben', vooral in de metaalgietery en de werktuigkunde), als op een studie aan de 'Technische Hochschule' te München (staatstechnici). In 1867/68 sluiting van de school en in 1868 'heroprichting' als *Industrie-schule*.

#### (Hoog)leraar

1829-1837	J.F.P. Engelhart, chemie en fysica
1837?-1867?	T. Leykauf, chemie

Bronnen: Binder, 'Auszug aus der Rede' (1823); (Dingler), 'Einige Bemerkungen' (1825), 476-477; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 48-52; Bauernfeind, 'Johannes Scharrer'; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 110, 115-116, 121-122, 125-126, 134-135, 150-154; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-86.

### **PRAAG**

#### *Ständisch-polytechnisches Institut*

Opggericht door de Boheemse standen in 1803, gedeeltelijk als voortzetting van de bestaande 'Ingenieurs-Kurs' aan de Praagse universiteit. In 1803 werden drie extra leerstoelen ingesteld (mechanica, chemie, tekenen). Officiële opening en start van het onderwijs in november 1806. Het instituut was bestemd voor de opleiding van staatstechnici en voor de wetenschappelijke vorming van toekomstige fabrikanten. 1812 start van het landbouwkundig onderwijs en van colleges in de landbouw-, gisting- en zoutchemie. In 1815 werd de school gescheiden van de Praagse universiteit. In 1817 hervorming van de school naar het voorbeeld van het polytechnische instituut te Wenen en verlenging van de opleidingsduur van 1 naar 2 jaar. 1829-1833 doorvoering van reorganisaties (o.a. oprichting van een voorbereidende 'Realschule' (1832) en de verlenging van de cursusduur van 2

naar 3 jaar). 1850 invoering van een speciale praktische cursus in de analytische chemie (i.v.m. opleiden van mijnbouwkundigen). 1851 afsplitsing van de 'Realschule'. 1863/64 reorganisatie van de school en naamsverandering in *Polytechnisches Institut des Königreichs Böhmen*. Splitsing school in vier 'Fachschulen', waaronder een voor 'technische chemie'. Vanaf 1864 werd er zowel Duits als Tsjechisch onderwijs gegeven (aanstelling van extra docenten). In 1869 werd de school in een Duitse en een Tsjechische polytechnische school gesplitst. De Duitse helft, voortgezet onder de naam *Deutsches polytechnisches Landesinstitut*, viel vanaf 1875 direct onder Oostenrijks beheer, en werd in 1879 verheven tot de *Deutsche Technische Hochschule*. 1871 nieuwbouw.

### Professor

1803-1807	J.B.A. Scherer, technische chemie
1807-1808	K.A. Neumann, waarnemend prof. chemie
1808-1817	K.A. Neumann, chemie (en technologie?)
1817-1833	J.J. Steinmann, algemene en speciale (tech.) chemie
1833-1835	K.J.N. Balling, waarnemend prof. chemie
1835-1868	K.J.N. Balling, algemene en speciale (tech.) chemie
1868-1868	F. Štolba, waarnemend prof. algemene en technische chemie
1868-1869	F. Štolba, waarnemend prof. technische chemie en chemische encyclopedie
1869-1872	H.L. Buff, chemie (en chemische technologie)
1864-1869	R. Hoffmann, ao.Prof analytische chemie
1869-1870	W.F. Gintl, ao.Prof algemene en analytische chemie
1870-1908	W.F. Gintl, algemene en analytische chemie
1864-1868	J. Staněk, chemie (voor het Tsjechische onderwijs)
1868-1869	V. Šafařík, chemie (idem)

Bronnen: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 76-81, 111; Bidermann, *technische Bildung* (1854), 66-68, 81-82, 84, 105, 116, 125; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 309-310, 313-315, 320-327, 332-335, 338; Ost, 'Die chemische Technologie', 659; Birk, *Die Deutsche Technische Hochschule in Prag*; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-166, 168-169; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag'; Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Lassmann, 'Franz Joseph Ritter von Gerstner'; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 16, 18-19, 25, 34-35, 40, 43, 69; Gollob, 'Frühgeschichte', 162-165; Novy, 'Creating conditions', 54-57; Jilek, 'technical education in Central Europe', 96-97; Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 14; Dedek, 'Vyvoj vyuky organické chemie'; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 102, 104, 109, 113, 350.

## STUTT GART

*Vereinigte Real- und Gewerbeschule*

In 1829 ontstaan door de bestaande zevenklassige *Realschule* (opgericht 1818) uit te breiden met een, achtste, 'Gewerbe'-klas. De school was bestemd voor fabrikanten en ambachtslieden en voor de basisopleiding van toekomstige staatstechnici (mijnbouw, bosbouw e.d.). In 1832 werden de eerste zes klassen van de *Realschule* afgescheiden en de *Gewerbeschule* uitgebreid met een derde klas. Ook werd (c. 1833) een beter laboratorium ingericht. De school was nu bestemd voor leerlingen van 14-17 jaar. In 1838/39 uitbreiding van het curriculum van 3 naar 4 jaar en opstelling van aparte studieroosters voor vier verschillen 'beroepssoorten', waaronder de technisch-chemische beroepen. De vrijheid van vakkenkeuze bleef evenwel gehandhaafd. In 1840 naamswijziging in *polytechnische Schule*. 1845-47 opnieuw reorganisaties, waaronder de afsplitsing van de voorbereidende eerste klas en de verlenging van de opleidingsduur van 3 naar 5 jaar. De school is nu voor leerlingen van 15-20 jaar. 1854 bouw van een nieuw chemisch laboratorium. 1862 werd in een nieuw statuut de vorming van vier 'Fachschulen' vastgelegd, waaronder een voor chemische techniek (inclusief farmacie en metallurgie). Tevens de afsplitsing van een apart technisch-chemisch laboratorium. 1870 invoering, per 1872, van de 'Diplomprüfung'. In 1876 naamswijziging in *Polytechnikum* met de rang van een technische hogeschool. In 1890 volgde de officiële naamswijziging in *Technische Hochschule*.

Professor/ Hoofdleraar<sup>28</sup>

1829-1832	A.F.E. Degen, provisorisch hoofdleraar algemene en technische chemie, warenkennis en technologie
1832-1834	A.F.E. Degen, hoofdleraar algemene en technische chemie, mineralogie, geognosie en oventechniek
1834-1839	A.F.E. Degen, fysica, algemene technische chemie en chemisch practicum
1839-1883	H. (von) Fehling, chemie (en technologie) <sup>29</sup>
1861-1862	K.F. Marx, hulpleraar chemische technologie
1862-1890	K.F. Marx, analytische chemie en chemische technolo-gie

Buitengewoon hoogleraar/ Hulpleraar

1835-1838	J.G. Kurr, botanie, zoölogie, mineralogie, geognosie, bouwmaterialen en speciale technische chemie <sup>30</sup>
1868-1871	C.A. Schmidt, (?? chemie)

Bronnen: Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 82-87; Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 40-47; Koller, 'Die Königlich Württembergische Technische Hochschule in Stuttgart'; Grammel, 'Technische Hochschule Stuttgart'; Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 316-319; Borst, *Schule des Schwabenlands*; Voigt ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen*; Wankmüller, 'Anfänge des Chemie- und Pharmaziestudiums in Stuttgart'; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 95-97.



## WENEN

*k.k. polytechnisches Institut*

Oppericht in 1815. De *k.k. Realakademie St. Anna* te Wenen ging op in de nieuwe instelling. Het instituut omvatte een 'technische Lehranstalt', een 'Konservatorium für Künste und Gewerbe' en een, nooit goed van de grond gekomen, 'Verein zur Beförderung der National-Industrie'. In 1818 werd het nieuwe schoolgebouw betrokken. De 'technische Lehranstalt' bestond uit een 'Realschule', een 'technische' en een 'commerciële' afdeling. De school leidde zowel staatstechnici als fabrikanten en ambachtslieden op. Er waren aparte laboratoria voor de algemene technische chemie en de speciale technische chemie, met ieder een assistent. De twee leerstoelen in die vakken werden in 1845 samengevoegd, en in 1856 - op een andere wijze - weer gesplitst. 1851 werd de 'Realschule' gescheiden van het instituut. 1865 reorganisatie van de school en de vorming van vijf 'Fachschulen', waaronder een voor technische chemie. 1865 ook invoering diploma's en verplichte studieprogramma's. In april 1872 naamswijziging in *Technische Hochschule* en opnieuw invoering van de 'Lernfreiheit'.

Professor

1815-1817	J.J. Prechtel, chemie
1817-1817	P.T. Meissner, waarnemend prof. alg. techn. chemie
1817-1818	B. Scholz, provisorisch prof. alg. techn. chemie
1818-1825	B. Scholz, algemene technische chemie
1826-1842	P.T. Meissner, waarnemend prof. alg. techn. chemie
1842-1845	P.T. Meissner, algemene technische chemie
1845-1856	A. Schrötter, alg. en spec. technische chemie
1856-1868	A. (von) Schrötter, algemene (technische) chemie
1869-1875	H.H.C. Hlasiwetz, algemene en analytische chemie
1875-1904	A. Bauer, algemene en analytische chemie
1816-1826	P.T. Meissner, speciale technische chemie
1826-1843	J.R. Joss, waarnemend prof. spec. techn. chemie <sup>31</sup>
1843-1845	A. Schrötter, speciale technische chemie <sup>32</sup>
1845-1856	zie onder: adjunct professoren
1856-1865	J.J. Pohl, chemische technologie <sup>33</sup>
1866-1894	J.J. Pohl, chemische technologie der organische stoffen
1867-1869	H.H.C. Hlasiwetz, chemische technologie der anorgan. stoffen
1869-1875	A. Bauer, chemische technologie der anorganische stoffen

Buitengewoon hoogleraar/adjunct hoogleraar

c.1843-na 1851	J. von Pasqualati, ao.Prof analytische chemie
1845-1846	S. Schlesinger, adjunct prof. spec. techn. chemie
1846-1851	E. Waidele, adjunct prof. spec. techn. chemie <sup>34</sup>
1851-1856	J.J. Pohl, adjunct prof. spec. techn. chemie

Bronnen: Prechtel, *Grundlehren der Chemie* (1813-1815); Meissner, *Die Araeometrie* (1816); Meissner, *Anfangsgründe* (1819-1833); Scholz, *Lehrbuch der Chemie* (1824-1825);

Meissner, *Justus Liebig* (1844); Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 88-93; Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851); Bidermann, *technische Bildung* (1854), 74-76, 78-80, 91, 104-105, 116, 125; Tschelnitz, *Farbenchemie* (1857); Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 124-135; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 310-313, 317-318-327, 333-334, 337-338, 342; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-169; Lechner, 'Technische Hochschule Wien'; Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien*; Kastner, *Die Entwicklung von Technik und Industrie*; Miles, 'James Curtis Booth'; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 184-187; Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 13-15; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*.

## WÜRZBURG

### *polytechnische Schule*

Waarschijnlijk opgericht in 1808 door de *Polytechnische Gesellschaft* te Würzburg, als een 'Berufsschule', waar zondags- en avondlessen gegeven werden. Na de inlijving van Würzburg bij Beieren kreeg de school erkenning als *Sonn- und Feiertagsschule* (1818). In 1830 en 1831 verschenen er twee jaargangen van de *Annalen der polytechnischen Schule zu Würzburg*. Wanneer de naam *polytechnische Schule* voor het eerst werd gevoerd bleef op grond van de geconsulteerde bronnen onduidelijk. De reorganisatie van het Beierse polytechnische onderwijs in 1833 betekende waarschijnlijk het einde van de school.

Bronnen: Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien*, I, 336; Kirchner (bearb.), *Die Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes von 1831 bis 1870*, 222; Fisch, 'Lichtpunkt', 493-495, 498; Boehm en Müller, *Universitäten und Hochschulen*, 283.

## ZÜRICH

### *Eidgenössische Polytechnische Schule*

Opgericht in 1854/55 door de gezamenlijke Zwitserse kantons, naar het voorbeeld van de polytechnische school te Karlsruhe. Vanaf de oprichting kende de school vijf 'Fachschulen', waaronder een 'Chemisch-Technische Schule'. Een, weinig rigoreus, eindexamen gaf de mogelijkheid de diploma's 'Technische Chemiker' en 'Pharmazeut' te behalen. Beide chemische leerstoelhouders hadden de beschikking over een laboratorium, dat 1861 gereed kwam. De studentenaantallen stegen toen sprongsgewijs. Een derde, franstalig, professoraat in de chemie, dat in 1855 voorzien was, werd niet vervuld. In 1866 volgde een reorganisatie, waarbij een speciale afdeling voor aanstaande leraren werd opgericht, die in

nauwe verbinding stond met de chemisch-technische school. 1871 werd het landbouwchemische onderwijs van de chemische afdeling ondergebracht in een aparte 'Land- und Forstwirtschaftliche Schule'. 1877 werd de studieduur voor chemici van vier semesters tot zes semesters verlengd. In 1911 volgde de naamswijziging in *Eidgenössische Technische Hochschule*.

#### Professor

1855-1870 P.A. Bolley, technische-, farmaceutische-, forensische- en landbouwchemie, en toxicologie

1855-1870 G.A.C. Städeler, analytische, organische en anorganische chemie

Bronnen: Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 6-23; *Eidgenössische Technische Hochschule*; Wankmüller, 'Studierende der Pharmazie an der ETH Zürich'; Eugster, '150 Jahre Chemie', 196-200, 234.

#### **Opmerkingen:**

1. De Duitstalige polytechnische school te Riga (opgericht in 1862) blijft buiten beschouwing, evenals de polytechnische school te Aken die in het schooljaar 1869/1870 geopend werd.
2. Na ongeveer 1850 kreeg de term 'höhere Gewerbeschule' een andere betekenis en verwees voortaan naar een schooltype dat op een lager niveau dan de polytechnische scholen stond. De *Gewerbeschule* te Chemnitz, die in 1862 tot een *höhere Gewerbeschule* verheven werd, en de *höhere Gewerbeschule* te Barmen (opgericht 1863) heb ik om die reden niet in dit overzicht opgenomen.
3. Damm, *Die Technischen Hochschulen*, 23-24, 26, 291. Volgens Zöllner, *Universitäten*, 81 werd de 'Diplom-prüfung' voor technische chemici echter pas in 1888 ingesteld.
4. In 1849/50 werd Schubarths leeropdracht in drieën gesplitst (Dove fysica; Rammelsberg chemie; Magnus chemische technologie).
5. Uit de bronnen komt niet goed naar voren welke taakverdeling er tussen Accum en Schubarth bestond. De gewone lesroosters vermelden het vak toegepaste chemie niet, en het vak minera-logie pas vanaf 1831.
6. Marx was hoogleraar tot 1847, maar Otto volgde hem in 1846 op als hoogleraar algemene chemie. Waarschijnlijk was Marx 1846-1847 alleen hoogleraar fysica.
7. Tussen 1846 en 1862 was er geen aparte leerstoel technische chemie. Wel gaf F.J. Otto onderwijs in dit vak.
8. Zijn opvolgers M. Beyer (1839-1840), F.W. Forke (1840-1841), A. von Lengerke (1841-1842) en P.B. Müller (1843-1872) hadden alleen een leeropdracht voor de landbouwkunde. Müller publiceerde echter ook over de bierbrouwerij.
9. In 1853 werd hem de titel professor verleend.
10. Vanaf 1835 hoogleraar op persoonlijke titel. Bleef tot 1851 in functie, maar droeg zijn chemie-onderwijs in 1848 over. Reeds in 1838 droeg hij een deel van het door hem gegeven onderwijs in de fysica over aan de hulpleraar H.B. Geinitz.
11. Vanaf 1851 kreeg hij de titel professor. Van 1862-1879 beperkte zijn leeropdracht zich tot de fysica.
12. Professor op persoonlijke titel.

13. Von Itner was verbonden aan het polytechnische Instituut en tevens aan de universiteit hoogleraar natuurlijke historie, geneesmiddelenleer en (vanaf 1820) algemene en farmaceutische chemie. Ook vóór 1820 gaf hij reeds (private) colleges anorganische chemie.
14. In 1843 werden aan het Joanneum de leerstoelen chemie en fysica gesplitst. Voor de chemie was er tussen 1843 en 1846 een vacature.
15. In 1831 koos de Hannoverse regering, volgens de liberale directeur van de school Karl Karmarsch, voor de naam 'höhere Gewerbeschule', omdat de term 'polytechnische school' door de Parijse Julirevolutie in discrediet was geraakt.
16. 'Hauptlehrer' technologisch-chemische vakken. Was van 1831-1875 ook directeur van de school.
17. 'Zweiter Lehrer' technologisch-chemische vakken.
18. Volgde Karmarsch op als leraar 'theoretische chemie toegepast op de praktijk'.
19. In 1855 kreeg Heeren de titel professor.
20. 1858 aangesteld als 'zweiter Lehrer für Chemie', met als leeropdracht de theoretische en praktische chemie. In 1859 werd de term 'theoretische Chemie' veranderd in 'reine Chemie' en in 1877 in 'Chemie'. Dit terrein werd in 1879 gesplitst in anorganische en organische chemie. In 1868 kreeg Kraut de titel professor.
21. In 1850 splitsing van de leerstoel. Walchner gaat geologie en mineralogie geven, Weltzien en Seubert nemen het chemisch onderwijs over.
22. In de 'Forstschule'.
23. Was in 1862/ 1863 docent in die vakken. Biografisch was niets over hem te vinden. Mogelijk was hij dezelfde als Gustav Adolf Wolf (1811- ). Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 39 (noot 178).
24. Mogelijk pas vanaf circa 1871 als ordinarius (vgl. Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 335).
25. Vóór 1827 betitelde men ook wel (een deel van) de 'Feiertags-schule' als 'polytechnische Schule' (Buchinger).
26. Deze faculteit werd opgericht in 1826. Aan de *Centrale Landwirtschaftsschule* te Schleissheim (opgericht 1822) doceerde L. Zierl de chemie 1822-1825 en N.K. Fraas 1845-1847.
27. Schafhäütl publiceerde ook over technisch-chemische onderwerpen (bv. over bieranalyse), zodat het mogelijk is dat hij het onderwijs in dat vak verzorgde tussen de aanstellingen van Zierl en Knapp.
28. In 1867 kregen alle 'Hauptlehrer' de rang professor.
29. De leerstoel chemie en fysica werd 1839 gesplitst in twee leerstoelen. Alleen de eerste jaren na zijn benoeming gaf Fehling ook technologie.
30. Vanaf 1839 was Kurr hoofdleraar botanie, zoölogie, mineralogie en geognosie, maar hij doceerde tot 1870 ook 'teilweise' de bouwchemie en de technische chemie. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 226.
31. Formeel was Meissner van 1826-1842 prof. speciale technische chemie maar feitelijk werd het onderwijs door Joss gegeven.
32. Formeel bleef Schrötter tot 1856 leerstoelhouder speciale technische chemie. Vanaf 1845 werd het feitelijke onderwijs in dit vak echter gegeven door zijn assistenten, in de rang van adjunct-hoogleraar.
33. In 1865/66 werd de leerstoel gesplitst.
34. Wegens ziekte van Waidele, was in 1846 J.F. Ragsky waarnemend adjunct-prof. spec. techn. chemie, terwijl 1846-1851 J.J. Pohl deze functie bekleedde.

# BIJLAGE E

## OPRICHTINGSGINGEN VAN POLYTECHNISCHE SCHOLEN

Ook de geschiedenis van mislukte oprichtingspogingen van polytechnische scholen draagt bij tot een beter begrip van de ontwikkeling van het polytechnische onderwijs. In deze bijlage worden verschillende initiatieven vermeld, die gericht waren op de oprichting van een polytechnische school. Alleen pogingen tot oprichting die in een ver gevorderd stadium verkeerden en die bijvoorbeeld de steun van overheidsorganen als ministeries en stadsbesturen hadden weten te verwerven, zijn hieronder vermeld. Initiatieven ondernomen door individuen (bv. te München 1815-16, Koblenz 1832 en Berlijn 1844) zijn niet opgenomen.

Voor algemene literatuur over de geschiedenis van het polytechnische onderwijs zij verwezen naar bijlage D.

### BERLIJN

#### 'mathematisch-technische Lehranstalt'

In 1817 kreeg de wiskundige J.G. Tralles van het onderwijsdepartement de opdracht een plan op te stellen om de *Bauakademie* uit te breiden met opleidingen voor mijnbouwkundigen en bosbouwers, en deze samen te voegen tot een 'mathematisch-technische Lehranstalt'. De nadruk lag op het opleiden van staatstechnici. Het plan mislukte door tegenspel van de zijde van het Handelsministerie.

Bronnen: Predeck, 'Technische Hochschule Berlin', 27; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 33; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 166-167.

#### 'Polytechnisches Institut'

In 1823 nam het Pruisische onderwijsdepartement het initiatief tot de oprichting van een 'polytechnisches Institut' of 'Centralseminarium', waar technische beambten voor het leger, de publieke werken, de bouw en de mijnbouw een grondige wiskundige scholing zouden kunnen krijgen. De Parijse polytechnische school diende daarbij tot voorbeeld. Een bijkomend oogmerk vormde de mogelijkheid zo de wiskundige C.F. Gauss naar Berlijn te beroepen. Het ministerie van Defensie en het handelsdepartement waren evenwel niet bereid financiën ter beschikking te stellen. Ook Gauss trok zich uiteindelijk terug.

Bronnen: Manegold, 'Eine École Polytechnique in Berlin', 184-189; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 169-173.

### 'Polytechnisches Seminarium'

Vanaf de herfst van 1827 trachtten Alexander von Humboldt en de chemicus Eilhardt Mitscherlich interesse te wekken voor de oprichting van een polytechnisch instituut of 'polytechnisches Seminarium' in Berlijn, ditmaal met de wiskunde, de fysica én de chemie als grondpijlers voor het onderwijs. Doel was de opleiding van wetenschapsmensen en leraren aan universiteiten, gymnasia, 'Bürger-' en 'Realschulen' en aan militaire-, mijnbouw- en technische scholen. Ook in dit opzicht stond de Parijse polytechnische school model. In een groot laboratorium zouden zij in het experimentele researchwerk dienen te worden geschoold. Het onderwijsdepartement bevorderde dit initiatief en liet in 1828 plannen uitwerken voor een 'hogere school voor de chemie' en een 'seminarie voor zuivere- en toegepaste wiskunde'. Het nieuwe instituut zou gedeeltelijk verbonden worden met de universiteit. Mitscherlich benadrukte tevens het nut dat het instituut voor de Pruisische nijverheid zou kunnen hebben. Fysica en chemie dienden ingezet te worden in de 'Industriekrieg' die tussen de landen aan de gang zou zijn. Tot 1831 bleven de plannen, om onbekende redenen, rusten. In 1831 stemde de Pruisische koning in beginsel in met de oprichting van het nieuwe instituut. Meer uitgewerkte reglementen en plannen kwamen in 1834 op tafel. Het ging nu om een hoger wetenschappelijk 'polytechnisches Seminar', of 'polytechnische Schule', voor de opleiding van leraren, los van de universiteit. Gebrek aan steun van de zijde van het handelsdepartement en het Ministerie van Oorlog, zorgde ervoor dat ook deze poging in 1836 in het slop raakte.

Bronnen: Manegold, 'Eine École Polytechnique in Berlin', 189-194; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 173-186.

## ERFURT

### 'mathematisch-naturwissenschaftliches Institut'

Na de opheffing van de Erfurter universiteit in 1816 trachtten enige van de voormalige professoren, waaronder de chemicus en farmaceut J.B. Trommsdorff, een 'mathematisch-naturwissenschaftliches Institut' in het leven te roepen, in sommige stukken ook wel 'polytechnisches Institut', of 'technologische Schule', genoemd. In 1818 werden hiertoe gedetailleerde plannen uitgewerkt, die de instemming vonden van het stadsbestuur en, in 1820, van de Pruisische *General-Handels und Fabriken-Kommissarius* G.J.C. Kunth. Deze laatste zag de school als een 'Bürger-Akademie' ('Realgymnasium') voor leerlingen tussen 16 en 20 jaar. Kunth wist het onderwijsdepartement voor zijn plannen te interesseren, maar financiële steun bleef uit (mogelijk omdat dit departement er - in 1822/1823 - voor koos om naar de oprichting van een polytechnische school in Berlijn te streven).

Bronnen: Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 58-61; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 27-28; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 123-125.

**KARLSRUHE**'Polytechnische Lehranstalt'

In 1807 richtte J.G. Tulla in Karlsruhe, geïnspireerd door de beschrijvende meetkunde van Monge, een *Ingenieurschule* op, naar het voorbeeld van de Parijse *École des Ponts et Chaussées*. In 1808 werd een regeringscommissie ingesteld die moest onderzoeken of de school van Tulla te zamen met een sinds 1800 bestaande architectenschool en de in het gymnasium geïncorporeerde 'Realschule' kon worden samengevoegd tot een nieuwe 'polytechnische Lehranstalt', of 'polytechnische Schule'. De commissie ontwierp een plan bestaande uit een 'Technisches Lyceum', waar onder andere de chemie, de fysica en de natuurlijke historie zouden worden gedoceerd, en een daarop voortbouwende 'Akademie' voor architecten, ingenieurs, technologen, beeldende kunstenaars en bosbouwkundigen. Het ministerie van financiën wenste alleen een architecten- en ingenieursschool. Een plan hiervoor volgde in 1810, maar pas in 1825 kwam de oprichting van een polytechnische school in Baden tot stand (zie bijlage D).

Bronnen: Lang, 'Geschichte der Gründung', 269-272; Von Zwiedineck-Südenhorst, 'Die Grossherzoglich Badische Technische Hochschule zu Karlsruhe', 265; Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 21-26; Fritz, 'Technische Hochschule Karlsruhe', 203-204; Gehring, 'Professor Wucherer', 371; Gispén, 'Technical Education', 77-80; Boehm en Müller ed., *Universitäten und Hochschulen*, 217.

**STUTTGART**'Polytechnische Schule'

In 1817 gelastte de Württembergse koning een onderzoek naar de mogelijkheid om het *Cadetten-Institut* te Stuttgart - waar militairen, mijnbouwkundigen en bosbouwkundigen werden opgeleid - te veranderen in een polytechnische school, ressorterend onder het Ministerie van Oorlog en gericht op het opleiden van staatsbeambten. Als voorbeelden dienden de Parijse polytechnische school en de voorheen bestaande, 18de eeuwse, Stuttgarter *Karlsschule*. Reden voor de reorganisatie was de geringere behoefte aan officieren na de beëindiging van de Napoleontische oorlogen, gekoppeld aan de wens de nationale industrie te stimuleren. In de adviesronde die volgde werd vooral dat laatste belang benadrukt. Het Ministerie van Onderwijs probeerde het plan om te buigen in de richting van een op de *Realschule* voortbouwende 'physiko-technische Schule', of 'physico-technisches Gymnasium'. Hier diende het *Real-Institut* te Augsburg tot voorbeeld. In alle voorstellen vormde de chemie een onderdeel van het curriculum. Geen van beide plannen kwam tot uitvoering. Het *Cadetten-Institut* werd in 1816/17 gesloten, en de opleiding van hogere staatstechnici werd (gedeeltelijk) naar de in 1817 opgerichte 'Staatswirtschaftliche Fakultät' van de universiteit van Tübingen verplaatst. Als resultaat van de debatten resteerde de uitbreiding van de *Realschule* te Stuttgart in 1818 met een vierde klas. In 1819 en 1821 volgden een vijfde en een zesde klas. De uitbreiding met een zevende en een achtste klas in 1829 betekende de oprichting van de *Gewerbeschule* (zie bijlage D).

Bronnen: Gehring, 'Pläne eines Stuttgarter Polytechnikums von 1817'; Borst, *Schule des Schwabenlands*, 42-59; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 29-36, 41-55.

## BIJLAGE F

### DE VOOROPLEIDING EN BEROEPSERVARING VAN DE POLYTECHNISCHE CHEMIE-DOCENTEN (1803-1851)

In deze bijlage worden verschillende biografische gegevens samengevat van de personen die tussen 1803 en 1851 chemie aan een Duitse of Oostenrijkse polytechnische school hebben gedoceerd. De nadruk ligt daarbij op de voorgeschiedenis van deze docenten: waar werden ze opgeleid en welke beroepservaring - in de industrie en in het onderwijs - hadden ze voordat ze tot docent werden benoemd? De docenten aan de zogenaamde "Technische Hochschule" te München (zie bijlage D) zijn niet opgenomen, omdat er geen goed beeld verkregen kon worden over de rol van het chemische onderwijs aan de "Staatswirtschaftliche Fakultät" te München en over de relatie die dit zou hebben met de administratieve constructie onder de naam "Technische Hochschule". Evenmin zijn de, soms in bijlage D genoemde, hulpleraren vermeld.

Voor de titels van enige biografische naslagwerken en voor de werkwijze die bij het biografische onderzoek is gevolgd zij verwezen naar bijlage D.

#### *Toelichting bij de tabellen:*

In de kolom vooropleiding "Wetensch. en techn." zijn opgenomen die docenten die opgeleid werden aan een filosofische faculteit of een "Kameralinstitut" (beide universitair), of aan een polytechnische school ( zie §§ 6.3 en 8.5). Universitaire studies in de farmacie zijn, of ze nu aan een medische of aan een filosofische faculteit plaatsvonden, in de kolom "Farmac." geplaatst.

P.S. = polytechnische school

\* = alleen onderwijservaring als assistent.



## I. De eerste generatie (tot 1830)

Naam	geb.	Polyt. school + start aanstel.	Vooropleiding (leermeester en/of instituut)			Industrie ervaring	Onderwijs ervaring
			farmac.	medisch	wetensch. en techn.		
J.A. Scherer	1755	Praag 1803	nee	Jacquin sr.	nee	nee	ja
K.A. Neumann	1771	Praag 1807	nee	nee	U Jena <sup>1</sup>	katoendruk	ja
K.W. Juch	1774	Augsburg 1808	Trommsdorff	Pickel	nee	nee	ja
J.B. Herrmann	1776	Neurenberg 1809?	nee	nee	theologie(?)	?	?
J.S.C. Schweigger	1779	Neurenberg 1811	nee	nee	Hildebrandt	nee	ja
J.J. Prechtl	1778	Wenen 1815	nee	nee	Dr. Jur. U Würzburg <sup>2</sup>	nee	ja
P.T. Meissner	1778	Wenen 1816	Jacquin	nee	nee	chem.prod.	ja*
J.J. Steinmann	1779	Praag 1817	Jacquin	nee	nee	nee	ja*
B. Scholz	1786	Wenen 1817	nee	Jacquin	nee	nee(?)	ja*
F. von Ittner	1787	Freiburg 1818	nee	ja <sup>3</sup>	ja	chem.prod. suiker	ja
E.L. Schubarth	1797	Berlijn 1821	nee	ja <sup>4</sup>	nee	nee	ja
F.C. Accum	1769	Berlijn 1822	ja	nee	nee	chem.prod. gaslicht	ja
J.C. Dingler	1778	Augsburg 1822	ja	nee	nee	katoendruk chem.prod.	ja

Naam	geb.	Polyt. school + start aanstel.	Vooropleiding (leermeester en/of instituut)			Industrie ervaring	Onderwijs ervaring
			farmac.	medisch	wetensch. en techn.		
F.A. Walchner	1799	Karlsruhe 1825	nee	Von Ittner Stromeyer	nee <sup>5</sup>	nee	ja
J.R. Joss	?	Wenen 1826	?	?	Polyt. Wenen?	?	ja*
H.A. Vogel	1778	München 1827	Schaub	?	? <sup>6</sup>	nee	ja
F.J. Leo	1798	München 1827	Fuchs Buchner	?	? <sup>7</sup>	?	?
L.C.J.A. von Vest	1776	Graz "1827" <sup>8</sup>	nee	Jacquin	nee	nee	ja
H.D.A. Ficinus	1782	Dresden 1828	ja <sup>9</sup>	ja	nee	nee(?)	ja
J.F.P. Engelhart	1797	Neurenberg 1829	nee	nee	Kastner <sup>10</sup> Stromeyer	ja	ja
O.L. Erdmann	1804	Leipzig 1829	ja	ja	Gilbert	nikkel	ja
A.F.E. Degen	1802	Stuttgart 1829	nee	nee	U Tübingen <sup>11</sup>	staalprod.	nee

## II. De tweede generatie (1830-1851)

Naam	geb.	Polyt. school + start aanstel.	Vooropleiding (leermeester en/of instituut)			Industrie ervaring	Onderwijs ervaring
			farmac.	medisch	wetensch. en techn.		
A. Schrötter	1802	Graz 1830	nee <sup>12</sup>	Jacquin	Baumgartner Mohs, Smola	nee	ja*
K. Karmarsch	1803	Hannover 1831	nee	nee	Polyt. Wenen	nee	ja*
F. Heeren	1803	Hannover 1831	nee	nee	Stromeyer <sup>13</sup>	kaarsenfabr.	nee
F. Wöhler	1800	Kassel 1832	nee	L. Gmelin <sup>14</sup>	nee	nee	ja
K.J.N. Balling	1805	Praag 1833	nee	nee	Polyt. Praag	ijzerfabriek	ja*
F.J. Leo	1798	Augsburg 1833?	Fuchs Buchner	?	?	?	ja
L.F. Jähkel	?	Dresden 1834	?	?	?	?	ja
G.C. Kaiser	1803	München 1834	Fuchs Buchner	nee	Dr. Phil. U Erlangen	nee	ja
J.G. Kurr	1798	Stuttgart 1835	ja	Dr. Med. U Tübingen	U Tübingen (geen Dr.)	nee	ja
K.M. Marx	1794	Brunswijk 1835 <sup>15</sup>	nee	nee	Dr. Phil. <sup>16</sup>	nee(?)	ja
F.J. Otto	1809	Brunswijk 1835	Doebereiner Wackenroder	nee	Dr. Phil. U Jena	Nathusius	ja <sup>17</sup>
P.K. Sprengel	1787	Brunswijk 1835	nee	nee	Thaer/Einhof Stromeyer	nee	ja

Naam	geb.	Polyt. school + start aanstel.	Vooropleiding (leermeester en/of instituut)			Industrie ervaring	Onderwijs ervaring
			farmac.	medisch	wetensch. en techn.		
K.F.A. Moldenhauer	1797	Darmstadt 1836	L. Gmelin P.L. Geiger	nee	Dr. Phil. U Heidelberg <sup>18</sup>	chloorkalk	ja
R.W. Bunsen	1811	Kassel 1836	nee	nee	Stromeyer <sup>19</sup>	nee	ja
G.C. Winkelblech	1810	Kassel 1839	Liebig Wurzer	?	Dr. Phil. U Marburg	nee	ja
H. Fehling	1811	Stuttgart 1839	U Göttingen <sup>21</sup>	nee	L. Gmelin <sup>20</sup>	nee	ja*
T. Leykauf	1815	Neurenberg 1841?	?	?	Polyt. Neurenberg	ultramarijn	nee(?)
K. Weltzien	1813	Karlsruhe 1842	nee	U Heidelberg U Göttingen	Mitscherlich	nee	ja
J. von Pasqualati	1802	Wenen c.1843	nee?	ja	?	?	ja*
A. Schrötter	1802	Wenen 1843	nee	Jacquin	Baumgartner Mohs, Smola	nee	ja
F. Rochleder	1819	Lemberg 1844	ja	U Wenen	Liebig <sup>22</sup>	nee	nee
S. Schlesinger	1821?	Wenen 1845	ja?	ja?	?	?	?
E. Waidele	?	Wenen 1846	?	ja	Liebig	?	ja*
J. Gottlieb	1815	Graz 1846	ja	nee	Dr. Chem. Redtenbacher	nee	ja
K.F.E. Fries	1813	Darmstadt 1847	nee	nee	Ak. Hohenheim nee Liebig		nee

Naam	geb.	Polyt. school + start aanstel.	Vooropleiding (leermeester en/of instituut)			Industrie ervaring	Onderwijs ervaring
			farmac.	medisch	wetensch. en techn.		
K.M. Nendtvich	1811	Boedapest 1847	nee <sup>23</sup>	Dr. Med. U Boedapest	nee	nee	ja
H.B. Geinitz	1814	Dresden 1848	nee	nee	U Berlijn <sup>24</sup> Dr. U Jena	nee?	ja
G.E. Lösche	?	Dresden 1848	?	Dr. Med. U Leipzig	nee	?	?
B. Quadrat	1821	Brünn 1850	nee	nee	Redtenbacher	nee	ja
K.F. Rammelsberg	1813	Berlijn 1850	ja	nee	H. Rose Mitscherlich	nee	ja
G. Magnus	1802	Berlijn 1850	nee	nee	Hermbsaedt Mitscherlich <sup>25</sup>	nee	ja
H.W. Stein	1811	Dresden 1850	Liebig	nee	nee	min. water	nee
A.G. Lachmann	1814	Leipzig v.1851	?	?	Dr. Phil.	?	?
K. Seubert	1815	Karlsruhe 1851?	nee	ja	Liebig	ja	ja*

**Opmerkingen:**

1. Volgde mogelijk colleges chemie bij Götting.
2. Liep mogelijk colleges chemie bij Pickel.
3. Studeerde 1803-1807 te Landshut, Würzburg, Göttingen en Freiburg geneeskunde, natuurwetenschappen en filo-sofie, bij Bertele en mogelijk bij Pickel en/of Stromeyer. 1807 Dr. te Freiburg op een chemisch onderwerp. 1807-1808 studie in Parijs.
4. Dr. Med. 1818. Studeerde te Leipzig en Berlijn. Mogelijk waren zijn leermeesters op chemisch gebied Eschenbach en Hermbstaedt.
5. Behaalde geen graad in de Fil. Fac., maar studeerde wel aan de U Freiburg bij Von Ittner die zowel in de Med. Fac. als in de Fil. Fac. was aangesteld. Voorts c. 1821-1822 studie chemie en mineralogie te Göttingen bij Stromeyer en Hausmann. 1823 werd Walchner ao.Prof chemie in de Fil. Fac. te Freiburg.
6. Volgde 1795-96 wel colleges chemie te Rostock en Göttingen en studeerde en werkte van 1802 tot 1816 in Parijs.
7. Toen Leo in 1833/1835 professor en directeur werd te Augsburg was hij wel Dr. (Med.? of Phil.?).
8. Vest was reeds vanaf 1811 docent chemie en botanie aan het Joanneum. In 1827 echter werd deze instelling een technische school.
9. Te Berlijn, mogelijk bij Hermbstaedt.
10. Studeerde bij Kastner te Erlangen (c. 1820-1822), Stromeyer te Göttingen (c. 1823-1825), Vogel te München (1825-1826), Berzelius te Stockholm (1826-1827) en Dumas en D'Arcet te Parijs (1827-1829).
11. Volgde mogelijk chemie bij C.G. Gmelin.
12. Wel was zijn vader apotheker.
13. Daarna 1826-1828 studiereis naar Berlijn, Wenen, München, Parijs, Lyon en de Zuidelijke en Noordelijke Nederlanden.
14. Daarnaast nog leerling van Berzelius in Stockholm.
15. Marx was reeds vanaf 1824 aan het Collegium Carolinum verbonden. De technische afdeling aan die school werd echter pas in 1835 opgericht.
16. Marx werd opgeleid als filoloog. Later, nadat hij jaren als leraar gewerkt had, studeerde hij chemie bij Stromeyer te Göttingen.

17. Als huisleraar.
18. Ook studie in Parijs (1822-1823), bij Thenard, Gay-Lussac, Brochant en Clement, en te Berlijn (1827).
19. En studiereis naar Parijs (Gay-Lussac) en Berlijn (Rose).
20. Na de promotie, studie chemie bij Liebig in Giessen. En reis naar o.m. Parijs.
21. Waarschijnlijk bij Stromeyer.
22. En reis naar Londen en Parijs.
23. Wel was zijn vader apotheker.
24. Studeerde o.a. chemie, bij H. Rose en/of E. Mitscherlich.
25. Daarna studie bij Berzelius in Stockholm en bij Gay-Lussac in Parijs.





# Noten en Literatuur



## Noten hoofdstuk 1

1. Brief van H. Kolbe aan uitgever Vieweg 31-12-1860, geciteerd door Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 103; en brief van F. Wöhler aan J. von Liebig 25-6-1862, in Hofmann, *Aus Justus Liebig's Briefwechsel*, II (1888), 119.
2. Hofmann, *The chemical laboratories* (1866); idem, 'Report on the chemical laboratories' (1866); Wurtz, *Les hautes études pratiques* (1870).
3. Wurtz, *Les hautes études pratiques* (1870), 19.
4. Wurtz, *Les hautes études pratiques* (1870), 13. Wurtz schreef dit rapport in 1869.
5. Schödlér, 'Das chemische Laboratorium' (1875), 45.
6. Schödlér, *Die höheren technischen Schulen* (1847), m.n. 3, 8, 40, 60, 69, 83-84, 122.
7. Stein, *Die Organisation des chemischen Unterrichts* (1857), 2, 48, 64; Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 1, 9, 12, 16, 23, 25, 31, 33-37, 63-64; Buff, *Studium der Chemie* (1868), 4, 7-10, 13, 15, 18-19. Vgl. ook Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 88, 436.
8. Buff's verhandeling verscheen in 1866 in het *Bremer Handelsblatt* en in 1868 als zelfstandige brochure. Buff, *Studium der Chemie* (1868), 3-4, 7. Buff (1828-1872) was begin jaren 1860 als stearine-fabrikant failliet gegaan en had vervolgens de grootste moeite gehad om een baan te vinden.
- Toen hij de brochure schreef was hij privaats-docent aan de universiteit te Göttingen en in 1869 volgde zijn benoeming tot hoogleraar chemie aan de polytechnische school te Praag.
9. Brief d.d. 25-6-1862, in Hofmann, *Aus Justus Liebig's Briefwechsel*, II (1888), 119.
10. Buff, *Studium der Chemie* (1868), 9-15.
11. Bedrijfsarchieven die de relevante periode 1800-1850 betreffen zijn schaars. Er zijn weliswaar enige studies over de ontwikkeling van de Duitse chemische industrie in die tijd, maar de invalshoek is daarbij doorgaans economisch-historisch met weinig aandacht voor de bedrijfsorganisatorische en beroepssociologische kant.  
Vershofen, *Die Anfänge*; Haber, *The chemical industry*, 43-52; Welsch, *Geschichte der chemischen Industrie*, 13-41; Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*.
12. Voor deze discussie van het beroepsbegrip, zie Beck en Brater, 'Problemstellungen', 14-21; Beck, Brater en Daheim, *Soziologie der Arbeit*, 14-22; Pierenkemper, *Allokationsbedingungen*, 78-94.  
Voor een geschiedenis van het Duitse begrip 'Beruf', zie Conze, 'Beruf'.
13. Daheim, 'Berufssoziologie', 11.
14. Beck, Brater en Daheim, *Soziologie der Arbeit*, 19-20; Beck en Brater, 'Problemstellungen', 15-21; Pieren-

- kemper, *Allokationsbedingungen*, 83-86. Vergelijk ook de definitie van Mok - 'een beroep is een geïnstitutionaliseerd en gelegitimeerd kader rond een bepaald deel van de arbeidsverdeling' - geciteerd door Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*, 6.
15. Slechts in bijzondere gevallen zal er een nieuwe functie binnen vele organisaties tegelijk ontstaan met een aan deze functie gekoppeld beroep. Als voorbeeld kan men denken aan de introductie van de stoommachine, waarmee tevens de machinist zijn intrede deed.
  16. Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, 336-341, 397-414; Gispen, *New profession, old order*, m.n. 3-4, 9, 56-60, 121-129; idem, 'Engineers in Wilhelmian Germany'.
  17. Bijvoorbeeld in §§ 2.3, 3.4, 6.4, 8.2, 8.4 en 8.5.
  18. Freidson, 'The theory of professions', m.n. 23; Jarausch, 'The German professions', 11; Gispen, 'German engineers', 550-551; McClelland, 'Zur Professionalisierung', m.n. 247; idem, *The German experience*, m.n. 14; Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*, 4; Daheim, 'Berufssoziologie', 11-12.
  19. Zie bijvoorbeeld Dingwall en Lewis, *The sociology of the professions*; Gispen, 'German engineers'; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 13-20; Cocks en Jarausch, *German professions*; McClelland, *The German experience*, m.n. 11-27.
  20. McClelland, *The German experience*, 6-10. Vgl. ook Conze en Kocka, 'Einleitung', 20-21.
  21. Zie met name Lundgreen, 'Engineering education'; Gispen, 'German engineers'; en idem, *New profession, old order*.
  22. Het gaat hier om een typering van de onderzoeksaccenten. Op het niveau van leer- en handboeken kan de 'sociology of professions' als een deelterrein van de beroepsociologie worden beschouwd. De resultaten van het professie-onderzoek worden wel in beroepsociologische leerboeken behandeld, het omgekeerde is meestal niet het geval.
  23. Freidson, 'The theory of professions', 23-25; Lundgreen, 'Wissen und Bürgertum', 106-117; McClelland, *The German experience*, 15-16. Vgl. Daheim, 'Berufssoziologie', 12-13.
  24. Daheim, 'Berufssoziologie', 7-9; Vgl. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 8-10; Gispen, *New profession, old order*, 36.
  25. Daheim, 'Berufssoziologie', 13; Rueschemeyer, 'Professional autonomy', 50-51; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 27; Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 461-462.
  26. Voor het onderstaande, zie: Freidson, 'The theory of professions', 19-20; Conze en Kocka, 'Einleitung', 19-20; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 12; Gispen, 'German engineers', 550-556; McClelland, 'Zur Professionalisierung', 236; idem, *The German experience*, 6-9, 11-14; Daheim, 'Berufssoziologie', 7-9.  
Disco maakt in zijn proefschrift 'Made in Delft' nog een verdere onderverdeling van deze stromingen (pp. 7-52).
  27. Johnson, *Professions and power*; Sarfatti-Larson, *The rise of professionalism*.
  28. McClelland, *The German experience*; idem, 'Zur Professionalisierung'.
  29. Huerkamp, *Der Aufstieg der Ärzte*; Siegrist, *Bürgerliche Berufe*; Lundgreen, 'Engineering education'; Gispen, 'German engineers'; idem, *New profession, old order*; Cocks en Jarausch ed., *German professions*, m.n. 3-24.
  30. Gispen, 'German engineers', 556-565.
  31. McClelland, *The German experience*, m.n. 18-19.
  32. Conze en Kocka ed., *Bildungsbürger-*

- tum, m.n. 19-20, 237, 240-245; Siegrist ed., *Bürgerliche Berufe*, m.n., 16, 22-23, 106-109; Cock en Jarausch ed., *German professions*, m.n. 11-14; Lundgreen, 'Engineering education'; Gispén, 'German engineers', m.n. 561-565.
33. Kocka, *Unternehmensverwaltung*.
34. McClelland, *The German experience*, m.n. 9, 38-40, 51-53, 94-97.
35. Dit model heeft veel overeenkomsten met het fasenmodel dat Wilensky voor professionaliseringsprocessen heeft opgesteld. Zie Daheim, 'Berufssoziologie', 20; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 25.
36. Morrell, 'Professionalisation', 982-984; idem, 'Science in the universities', 51-53.  
Morrell neemt overigens verschillende slagen om de arm en benadrukt dat het hier om ordinare 'occupational upgrading' en niet om 'professionalisation' gaat. Dit doet aan de illustratieve waarde van het voorbeeld niets af.
37. Vgl. Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 19, 21, 25.
38. Vgl. Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*.
39. In het geval van deze mogelijkheid zal het in verband met fase 2 eerder gaan om *functiec*ertificaten (bijvoorbeeld het doctoraat als voorwaarde voor het professoraat, of toelatingsexamens voor de staatsdienst), dan om *beroeps*-certificaten.
40. Zo wordt er in de recente Duitse literatuur over professionalisering voortdurend van uitgegaan dat de juridische geschoolde staatsbeambte een 'occupational role model' voor verschillende nieuwe beroepsgroepen was, zonder dat het goed duidelijk is of die nieuwe beroepsgroepen in de periode die aan de orde is al werkelijk bestonden.  
Vgl. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 9; idem, 'Wissen und Bürgertum', 116-117; idem, 'Fachschulen', 298-299; idem, 'Engineering education', 34; Gispén, 'German engineers', 566-567; idem, *New profession, old order*, 4-5; McClelland, *The German experience*, 23-24, 26-27, 32-33.
41. Zie hoofdstuk 6, 8 en 9.
42. Ben-David, *The scientist's role in society*.
43. Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 16-17, 19-21, 27, 30-31.
44. Voor de chemie, zie Hufbauer, *German chemical community*.
45. In de literatuur over dit onderwerp bestaat teveel de neiging de leraren louter als een innovatieve kracht te zien. Dit komt voor een deel doordat onvoldoende onderkend is dat het polytechnische onderwijs voor 1830 een heel ander karakter had dan daarna (zie hoofdstuk 5, 6, 7 en 9). Voor de leraren als innovatieve voorhoedegroep, zie Gispén, 'German engineers', 567.
46. Daheim, 'Berufssoziologie', 8-9, 13-14; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 8-10, 135-136; idem, 'Konstituierung des 'Bildungsbürgertums' '; idem, 'Wissen und Bürgertum'; idem, 'Engineering education'; Sarfatti-Larson, *The rise of professionalism*, 2-19; Beck, Brater en Daheim, *Soziologie der Arbeit*, 19, 28-32, 42-70; Pierenkemper, *Allokationsbedingungen*, 81-82, 85, 96-99; Freidson, 'The theory of professions', 24-25; Rueschemeyer, 'Professional autonomy', 46-47, 50; Conze en Kocka, 'Einleitung', 19-20; McClelland, 'Zur Professionalisierung', 237-238; idem, *The German experience*, 10-12, 26-27, 32; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 11, 13-14, 18-27; Gispén, 'German engineers', 561-562; Cocks en Jarausch

- ed., *German professions*, 4-5, 12-15, 144-146.
47. Sarfatti-Larson, *The rise of professionalism*, 5-6; McClelland, *The German experience*, 49-54, 68-78. Vgl. ook § 9.3.
  48. Rueschemeyer, 'Professional autonomy', 46-47; Conze en Kocka, 'Einleitung', 20; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 22-24; Lundgreen, 'Wissen und Bürgertum', m.n. 113-117; idem, 'Engineering education'; Gispén, 'German engineers', 554-555; Jarausch, 'The German professions', 11-15; McClelland, *The German experience*, 23, 25-26, 33.
  49. Meer of minder geslaagde voorbeelden zijn: Dressen, 'Die Hierarchisierung der Ingenieurberufe'; en Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*.
  50. Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 12.
  51. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 135-136; Daheim, 'Berufssoziologie', 6-8, 13-14; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 5-9, 12-15; Morrell, 'Professionalisation', 980-982.
  52. Lundgreen, *Bildung und Wirtschaftswachstum*, 119-125; idem, 'Education for the science-based industrial state?', 63-64; Dressen, 'Die Hierarchisierung der Ingenieurberufe', 76-77; Pierenkemper, *Allokationsbedingungen*, 58-63, 86-87.
  53. Dosi, 'Technological paradigms'. Vgl. ook Nelson en Winter, 'In search of a useful theory'.
  54. Zo wordt het ontstaan van de verschillende wetenschappelijke beroepen - als de chemicus, de bioloog etc. - wel voorgesteld als het resultaat van de groei van wetenschappelijke kennis waardoor de algemene rol van de 'natuuronderzoeker' ('natural philosopher') wel opgesplitst moest worden in deeltaken.  
Vgl. Ben-David, *The scientist's role in society*; Shils, 'The profession of science'; Krohn, 'Patterns of institutionalization'.
  55. Conze en Kocka, 'Einleitung', 20-21; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 12.
  56. Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 30.
  57. Ibid, passim.
  58. Zie hoofdstuk 7.
  59. Ruske, *100 Jahre Deutsche Chemische Gesellschaft*; Welsch, 'Die Gründung der Deutschen Chemischen Gesellschaft'; Burchardt, 'Wissenschaft und Wirtschaftswachstum'; idem, 'Die Ausbildung des Chemikers'; idem, 'Die Zusammenarbeit'; idem, 'Professionalisierung oder Berufskonstruktion?'; Meyer-Thurrow, 'Zum unprofessionellen Umgang mit Professionalisierungsprozessen'; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers'; Johnson, 'Academic chemistry'; idem, 'Academic self-regulation'; idem, 'Hierarchy and creativity'; idem, 'Academic, proletarian, ... professional?'; Scholz, 'Zu einigen Wechselbeziehungen'; Just, 'Professionalisierung oder Berufskonstruktion?'; McClelland, *The German experience*, 94-97, 124-126, 143-148.
  60. Voor een overzicht van de literatuur over de geschiedenis van de chemie-oefening in Duitsland, zie Roberts, 'Chemical education', 28-35, m.n. 31-35; en Hall, 'Chemistry by location', 266-274.
  61. Ben-David, *The scientist's role in society*; Mendelsohn, 'The emergence of science'.  
Voorts zijn van belang Beer en Lewis, 'Aspects'; Krohn, 'Patterns of institutionalization'; Shils, 'The profession of science'; Crosland, 'The development of a professional career'; Ben-David, 'The profession of science'.  
Zie ook Hall, 'Chemistry by location', 255.  
Voor evaluaties van dit onderzoek vanuit de meer recente post-Kuhniaanse 'social history of science' zie MacLeod, 'Changing perspectives'; en

- Miller, 'The social history of British science'.
62. Vergelijk ook de stadiatheorie van Carr-Saunders en Wilson die in § 1.1 behandeld is.
  63. Over de positie van de industriële research in verhouding tot de andere taken van industriële chemici, zie Homburg, 'De inschakeling van chemici'; idem, 'The emergence of research laboratories'.
  64. Vgl. Gustin, 'German chemical profession', 22-23.
  65. Zie hoofdstuk 9.
  66. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), m.n. 100-104, 119-124; Von Liebig ed., 'Justus von Liebig. Eigenhändige biographische Aufzeichnungen' (1890).
  67. Mendelsohn, 'The emergence of science', 11-21; Holt, 'Social aspects in the emergence of chemistry', 182, 184-188; Crosland, 'France as a scientific centre'; Ben-David, *The scientist's role in society*, 108-128, m.n. 124. Zie ook hoofdstuk 4.
  68. Hufbauer, *German chemical community*.  
Voor besprekingen van dit werk, zie Löw, Morrell, Boas Hall, Schütt, Hübner, Lowood, Golinski en Meinel.
  69. Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae'; idem, 'Theory or practice?'; idem, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen'; idem, 'Reine und angewandte Chemie'; idem, 'Chemie an den Universitäten'; idem, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches'; idem, 'Artibus academicis inserenda'.
  70. Zie ook § 2.2.
  71. Golinski vraagt zich - als enige reviewer van Hufbauers boek overigens - dan ook af, of de term 'community' door Hufbauer wel zo gelukkig gekozen is. Hij doet het voorstel slechts te spreken over een 'interacting network of chemical writers' dat vanaf ca. 1780 ontstond. Golinski, bespreking, 263-264.
  72. Gustin, 'German chemical profession'.
  73. Ibid, m.n. 23-24, 78-79, 94-98, 100.
  74. Ibid, 45-50.
  75. Hickel, 'Der Apothekerberuf als Keimzelle' (in versie uit 1977 ontbreken de noten); Possehl, 'Wirtschafts- und sozialgechichtliche Aspekte'; Turner, 'Justus Liebig'.
  76. Hickel spreekt van de apotheker als 'Stammbetrieb' van de chemicus en de botanicus. Hickel, 'Der Apothekerberuf als Keimzelle', 262.
  77. Ibid, 272, noot 13. Zie ook hoofdstuk 10.
  78. Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker'; Possehl, 'Wirtschafts- und sozialgechichtliche Aspekte'.
  79. Hickel, 'Der Apothekerberuf als Keimzelle', 264.
  80. Possehl, 'Wirtschafts- und sozialgechichtliche Aspekte', m.n. 1646-1654.
  81. Gustin, 'German chemical profession', 120; Turner, 'Justus Liebig', 142-143.
  82. Hickel, 'Der Apothekerberuf als Keimzelle', 262.
  83. Gustin, 'German chemical profession', 130-156, m.n. 130, 155-156.
  84. Gustin, 'German chemical profession', 78-102; Turner, 'Justus Liebig', 143.
  85. Gustin, 'German chemical profession', hoofdstuk 4 en 5; Turner, 'Justus Liebig', 158.
  86. Een vergelijkbare benadering wordt ook door Köster gevolgd, in haar § 2.2 'Die Quellen des wissenschaftlichen Chemikerberufes'. Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 40-53, m.n. 40, 49, 51.
  87. Ibid, passim.
  88. M. Guntau, 'Zur Herausbildung wissenschaftlicher Disziplinen in der Geschichte', *Rostocker wissenschaftshistorische Manuskripte*, Heft 1 (1978). Vgl. ook Scholz, 'Zur Periodisierung'.
  89. Köster, 'Der Beruf des wissenschaft-

- lich ausgebildeten Chemikers', 63, 87.
90. Ibid, 87.
91. Ibid, 86-87, 93, 103.
92. Zie de literatuur vermeld in noot 59.
93. Vgl. bijvoorbeeld de hierboven genoemde studies van Possehl en Turner die alleen over Pruisen gaan.  
Voor de nadelen van de traditionele Pruisen-gecentreerde geschiedschrijving op het gebied van het onderwijs, zie Schubring, *Bibliographie*, iii-xiv.
94. Voor overzichten van deze literatuur, zie Troitzsch, 'Technisches Schulwesen'; Cassidy, 'Recent German perspectives'; König, 'Stand und Aufgaben'; idem, 'Literature'.
95. Zie bijlage D.
96. Bijlage F.
97. Een voorbeeld van de vertekeningen die dan ontstaan wordt gegeven in § 8.3, waar het Göttingse instituut van Friedrich Stromeyer behandeld wordt, dat in de chemiehistorische literatuur vrijwel geheel genegeerd is.
98. Ik heb me sterk laten inspireren door het eerste hoofdstuk ('Technical education and society before 1850') van de dissertatie van Kees Gispen over de opkomst van het beroep van werktuigkundig ingenieur. Mijns inziens weet Gispen op een knappe wijze de Duitse sociale geschiedenis te verbinden met de concepten die de belangrijkste onderwijs politici (Kunth, Beuth en Nebenius) in hun geschriften hanteerden.  
Gispen, 'Technical Education', 12-109; idem, *New profession, old order*, 15-43.
99. Zie de inleiding van hoofdstuk 4.

## Noten hoofdstuk 2

1. Zie bijvoorbeeld Partington, *A history of chemistry*; Leicester, *The historical background of chemistry*; Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*.  
Voor een kritiek op deze werken zie Christie en Golinski, 'The spreading of the word'. Vergelijk ook de verwarring die ontstaat als men de stelling van Leicester dat de chemicus reeds aan het begin van de zeventiende eeuw 'was .. recognized as an individual scientist', confronteert met de stelling van Gustin dat aan het einde van de achttiende eeuw 'the social category 'chemist' did not yet exist' (mijn cursivering).  
Leicester, a.w., 102; Gustin, 'German chemical profession', 38.
2. Zie voor een overzicht van de sociale en beroepsgeschiedenis van de 'chemicus' vooral Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*; en Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 5-28; en Multhaupt, *The origins of chemistry*, 257-273.  
Deze studies vertonen tekortkomingen maar representeren het weinige dat er geschreven is over dit thema.
3. Goltz, 'Versuch einer Grenzziehung'.  
Goltz onderneemt in haar artikel een poging de begrippen 'Chemie' en 'Alchemie' min of meer tijdloos te fixeren aan twee zijden van een grenslijn. Beide begrippen worden dan typische 'analyst-categorieën', die niet corresponderen met de wijze waarop de begrippen chemie en alchemie indertijd werden gebruikt.
4. Bijvoorbeeld de lexica van Sommerhoff (1701/1713), Hübner (1712) en Ernsting (1741). Schmauderer, 'Chemiatraker', 126-127, 134-135.  
In Zedlers Lexicon (1742) worden beide termen al wel onderscheiden.



- Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 211.
5. Bijvoorbeeld H.F. Teichmeyer in 1717 en J.C. Zimmermann in 1755/56. Schmauderer, 'Chemiatriker', 110-111.
  6. Hennings, *Johann Georg Walchs philosophisches Lexicon* (1775), 104.
  7. Strube, *Der historische Weg der Chemie*, I, 63. Vgl. ook Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae', 369-370.
  8. Hufbauer, *German chemical community*, 10-11; Strube, *Der historische Weg der Chemie*, I, 63-64; vgl. ook Beretta, 'historiography of chemistry', 2.
  9. Wiegleb, *Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie* (1777); Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 120-126.
  10. Suzanne Colnort-Bodet verving om dezelfde reden de term alchemie consequent door de term 'destillatie'. Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, m.n. xi. Deze keuze acht ik minder gelukkig omdat daarbij de verschillen die er in de Middeleeuwen bestonden tussen de medisch gerichte 'destillatie-literatuur' en de metallurgisch gerichte (al)chemi(sti)sche geschriften te veel over het hoofd worden gezien.
  11. Rocke, 'Agricola', 43; Partington, *A short history of chemistry*, 20; Leicester, *The historical background of chemistry*, 42 en 45; Goltz, 'Versuch einer Grenzziehung', 31. Ook farmaceutische connotaties schijnen voor te komen. De Egyptische herkomst van de (al)chemie wordt bestreden door Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, 136.
  12. Van Lennep, *Alchemie*, 26-27.
  13. Recente auteurs beschrijven de Middeleeuwse (al)chemie vooral als een traditie op basis van een bepaald, onderling samenhangend, literair corpus van Arabische en Latijnse (al)chemistische geschriften, en niet als een praktisch- ambachtelijke traditie. Zie bv. Halleux, 'transmission du savoir chimique'; Newman, 'Technology and alchemical debate'. In deze geschriften werd echter wel aandacht aan praktische laboratoriumoperaties besteed, die vrijwel steeds - en daar gaat het mij hier om - de stoffen uit het mineralenrijk betroffen.
  14. Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 57.  
Over de relatie tussen de metallurgie, m.n. het smelten, en de (al)chemie, zie Coudert, *Alchemie*, 72-75, 109, 114, 119-120.
  15. Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 7, 9-10; Read, *Prelude to chemistry*, 24; Crosland, *language of chemistry*, 15-16; Multhaus, *The origins of chemistry*, 173, 178-179, 184, 186-187; Weyer, 'Der Alchemist', 14, 22-24, 36-37; Coudert, *Alchemie*, 208; Van Lennep, *Alchemie*, 13-14, 17, 28-29; Newman, 'Technology and alchemical debate'.
  16. Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 241-243; Multhaus, *The origins of chemistry*, 185, 187-188, 207, 210-213; Van Lennep, *Alchemie*, 14.
  17. Newman, 'Technology and alchemical debate'.
  18. Het is van belang een onderscheid te maken tussen de destillatietechniek en de 'destillatie-traditie'. De destillatietechniek was een van de laboratoriumoperaties die de (al)chemist in het laboratorium ten dienste stonden en die bijvoorbeeld bij de bereiding van 'Scheidewasser' (salpeterzuur) werd gebruikt.  
Onder de 'destillatie-traditie' versta ik een, via geschriften en praktijken doorgegeven, traditie binnen de (volks)geneeskunde, die voortbouwde op de geschriften van met name Ramón Lull en Johannes de Rupescissa, waarin de destillatietechniek aangewend werd voor de bereiding van geneesmiddelen uit plantaardige materialen.

19. Libavius, *Alchemia* (1597), 1.  
Zie ook Hannaway, *The chemist and the word*, 122; Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 238.
20. In de Middeleeuwen werd de (al)chemie door meeste auteurs beschouwd als 'ars', door enkelen als 'scientia', door weer anderen als daar tussen in staand. Voorzover de (al)chemie een 'scientia' was, was deze theoretische kennis geheel gericht op de laboratoriumpraktijk.  
Newman, 'Technology and alchemical debate', 426; Weyer, 'Der Alchemist', 12-15.
21. Een uitzondering was Geber (Paulus de Tarento), die in zijn *Summa perfectionis magisterii* ook testmethoden, als de zgn. kupellatiemethode, beschreef. Forbes, *the art of distillation*, 63; Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 24-28; Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, 45; Newman, 'Technology and alchemical debate', 435; Porter, 'The promotion of mining', 546-547.
22. Halleux, 'L'alchimiste et l'essayeur'; Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 13-14.
23. Long, 'The openness of knowledge'.  
Vgl. ook Biringuccio, *De la Pirotechnia* (1540).  
De gewoonte om de term 'chemisch' op deze literatuur te plakken (bv. in Russell e.a.) acht ik een anachronistische, waarbij er geen oog is voor het verschil in idioom tussen de (al)chemi(sti)sche en de metallurgische geschriften.  
Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 11-14.
24. Voorbeelden van geschriften die zich tot beide groepen richtten zijn het *Bergwerck vnd Probirbüchlin, für die Bergk vnd Feuerwercker, Goldtschmid, Alchimisten und Künstner* (Frankfurt a/M 1533), het *Probier büch* van Samuel Zimmermann uit 1573 en de *Beschreibung der allervornehmsten mineralischen Erze und Bergwerksarten* van Lazarus Ercker uit 1574.  
Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 57-59; Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), I, 100 en II, 568-569. Voor de kritiek op de (al)chemisten zie Long, 'The openness of knowledge', 333, 341, 344-345 en 353.
25. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 30-33, 40; Forbes, *the art of distillation*, 86-87.
26. Voor de relatie met de ontwikkeling van de mijnbouw, zie Long, 'The openness of knowledge'.
27. Zie hieronder de paragraaf over 'Het verbrede werkkerrein van de chemie (1650-1790)' en § 3.1.
28. Forbes, *the art of distillation*, 40-41; Multhauf, *The origins of chemistry*, 201-205; Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, 118.
29. Forbes, *the art of distillation*, 59-66; Multhauf, *The origins of chemistry*, 180-181, 210-213; Hickel, 'Arzneimittel in Apotheke und Haushalt', 23-24; Newman, bespreking van U. Benzenhöfer *Johannes' de Rupescissa*.
30. Newman, bespreking van U. Benzenhöfer *Johannes' de Rupescissa*.
31. Multhauf, *The origins of chemistry*, 210-213.  
Multhauf noemt Rupescissa's volgelingen de 'reformed alchemists'.
32. Hieronymus Brunschwygk, *Liber de arte distillandi de simplicibus, oder Buch der rechten Kunst zu Distillieren die eintzigen Dinge* (Straatsburg 1500, ook 1512); idem, *Liber de arte distillandi de compositis. Das buch der waren kunst zu distillieren die Composita vnd simplicia/ vnd dz Büch thesaurus pauporum.* (Straatsburg 1507, ook 1512); idem, *Liber de arte distillandi Simplicia et Composita. Das nuw buoch d'rechte Kunst zu distillieren* (Straatsburg 1505, ook 1509); en vele latere edities. De invloed van De Rupescissa is pas duidelijk herkenbaar

- in de editie van 1512.  
Newman, bespreking van U. Benzenhöfer *Johannes' de Rupescissa*; Forbes, *the art of distillation*, 368; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 64-65; Multhauf, *The origins of chemistry*, 361; Telle, 'Verzeichnis der Exponate', 94.
33. Multhauf, *The origins of chemistry*, 210 en 212.
  34. Brunschwygk, *Liber de arte distillandi de compositis* (1507), afgedrukt in Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 64.
  35. Lull en De Villanova hadden aan de basis van deze ontwikkeling gestaan. Goltz, 'Versuch einer Grenzziehung', 30-47, m.n. 35 en Colnort-Bodet, *Le code alchimique*.
  36. Telle, 'Verzeichnis der Exponate', 91.
  37. Coudert, *Alchemy*, 208.  
Volgens Paracelsus behoorden ook 'immateriële veranderingen' tot het werkteerein van de alchemie: 'Alchymia ist ein Kunst/ die dalehret die astra zubesondern von des Cörpern/ auff dass die astra nachfolgendt dem Gestirn und Firmament gehorsam sein/ zu dirigiren.' Geciteerd in Van de Velde, 'Het chemisch compendium', 104.
  38. Vgl. Biringuccio, *De la Pirotechnia* (1540).
  39. In het boekje *Rechter Gebrauch d'Alchimei, mitt vil bisssher verborgenem, nutzaren vnnd lustigen Künsten, Nit allein den fürwitzigen Alchymismisten, Sonder allen kunstbaren Werckleuten, in vnd ausserhalb feurs.* (Frankfurt a/M 1531) en in de daarop volgende uitgebreidere edities onder de titels *Kunstbüchlein* (1532, 1537, 1538, 1550, 1574 etc.) en *Alchymia* (1539, 1570, 1574 etc.) wordt de toepassing van de (al)chemie op de metalen, de bereiding van verf, het verwijderen van vlekken en op de bereiding van oliën, kleurstoffen, geneeskrachtige 'waters' en dergelijke, beschreven.
  - Ferguson, 'Some early treatises' (I), 126-159.
  40. Paracelsus, *Paragrinum* (1530), geciteerd in Snelders, 'Iatrochemie und Iatrophysik', 45.  
Vgl. ook Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 35; Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 16.
  41. Deze visie op de rol van Paracelsus gaat terug op Libavius. Hannaway, *The chemist and the word*, 122.  
De twee tradities worden o.a. behandeld in Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 5-28.
  42. Voor omschrijvingen van de (al)chemie bij Paracelsus, zie Hannaway, *The chemist and the word*, 43-44; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 60, 62-63, 78; Van de Velde, 'Het chemisch compendium', 103-104; Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, 214; Leicester, *The historical background of chemistry*, 96. Voor het verband tussen de begrippen 'vuurkunst', 'chemie' en 'metallurgie', zie Biringuccio, *Pyrotechnia* (1540); Seibicke, *Technik*, 23-61.
  43. Hannaway, *The chemist and the word*, 44; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 62.  
Deze schei-kunst noemde Paracelsus 'Spagyrik'. Schmauderer, 'Chemiatraker', 109, 118.  
Voor het verband tussen de begrippen vuurkunst, chemie en metallurgie, zie Biringuccio, *Pyrotechnia* (1540); Seibicke, *Technik*, 23-61.
  44. Hannaway, *The chemist and the word*, 43-44; Van de Velde, 'Het chemisch compendium', 103-104.  
Vergelijkbare opvattingen zijn ook reeds in de Middeleeuwse (al)chemie aan te treffen. Paracelsus bracht ze echter nadrukkelijker naar voren. Colnort-Bodet, *Le code alchimique*; Newman, 'Technology and alchemical debate', 434-442.
  45. Zie § 2.2.

46. Vgl. Prijs, *Chymia Basiliensis*, 4-7.
47. Bijvoorbeeld Maarten Luther (1483-1546), Andreas Libavius (1597) en, later, Jean Beguin (1610).  
Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 246-247; Patterson, 'Jean Beguin', 248; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 55, 69; Coudert, *Alchemie*, 103.
48. De patronage door vorsten wordt door Bruce Moran als een eerste fase in de institutionalisering van de (al)chemie beschreven. Moran ed., *Patronage and institutions*, 1-4; en Moran, 'Patronage and institutions', 169-176.
49. Hannaway laat zeer fraai zien hoe het publieke karakter van het leerboek van Libavius met de esoterische kennisopvatting van de Paracelsist Croll contrasteert (waarin het verwerven van kennis van Goddelijke genade afhankelijk werd gesteld).  
Hannaway, *The chemist and the word*.
50. Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 63.
51. Over de hervormingen in het medisch onderwijs onder invloed van de 'Paracelsische beweging', zie Debus, 'Chemistry and the universities'.  
Voor een afbeelding van een universitair chemisch laboratorium uit de eerste helft van de zeventiende eeuw, zie Meinel, 'Vom Handwerk des Chemiehistorikers', 63.
52. Hufbauer, *German chemical community*, 228-269; Moran, *The alchemical world of the German court*, 50-67.
53. Debus, 'Chemistry and the universities', 25-26; id., 'The chemical philosophy', 32-37; id., 'Iatrochemistry', 56-57; Colnort-Bodet, *Le code alchimique*; Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 17-18.
54. Kopp, *Geschichte der Chemie*, II; Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), II, 31-34; Hannaway, *The chemist and the word*, m.n. x-xi, 142-143, 153-155.
55. Patterson identificeerde 43 verschillen-  
de edities.  
Patterson, 'Jean Beguin'.
56. Dit was nog geen discipline in de moderne zin, waartoe immers ook het verrichten van onderzoek behoort.  
Waar het om gaat is dat er geïnstitutionaliseerd onderwijs ontstond, gekenmerkt door de fenomenen van de 'chemie-docent', de 'chemische cursus' en het 'chemische leerboek'.  
Hannaway, *The chemist and the word*, m.n. ix-x, 152-156; Christie en Golinski, 'The spreading of the word'.
57. 'Alchemia est ars perficiendi magisteria, & essentias puras à mistis, separato corpore, extrahendi.'  
Libavius, *Alchemia* (1597), 1.
58. Patterson, 'Jean Beguin', 248 en Plate xiv - fig. 3.  
Dat Beguin zijn leerboek aanvankelijk op dat van Libavius baseerde blijkt ook uit Kent en Hannaway, 'new considerations on Beguin and Libavius'. Vgl. ook Leicester, *The historical background of chemistry*, 99 en 116.
59. 'Chymia est ars corpora naturalia mista solvendi, et soluta coagulandi (1), ad medicamenta gratiora, salubriora et tutiora concinnanda (2).'Patterson, 'Jean Beguin', 255; Schmauderer, 'Chemiatriker', 126.  
Voor de Nederlandse vertaling van het eerste deel van de definitie, zie Lancillot, *De Brandende Salamander* (1680), 1.
60. La Faveur: chemie is 'l'Art de separer les parties du corps naturel, de les purifier, & de les rejoindre, pour les usages de la Medicine'.  
Lemery: 'La Chymie est un Art qui enseigne à separer les differentes substances qui se rencontrent dans un mixte' Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 8; Van de Velde, 'Het chemisch compendium', 105; Partington, *A history of chemistry*, II.
61. Bijv. in de lexica van Zedler (1732/1733/1742) en Ernsting (1741).

- Schmauderer, 'Chemiatraker', 101;  
Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 210-211; vgl. Beretta, 'historiography of chemistry', 3.
62. Lancilot, *De Brandende Salamander* (1680), 2; Schmauderer, 'Chemiatraker', 126.
  63. Patterson, 'Jean Beguin', 248, 255, Plate XIV - fig. 3; Schmauderer, 'Chemiatraker', 126.
  64. Zie hierboven de paragraaf 'Chemie en alchemie'.
  65. Zie § 2.2.
  66. Volgens Libavius stond de (al)chemie tussen de 'ars' en de 'scientia' in. De theorie ('scientia') stond echter volledig in dienst van het bereiden van geneesmiddelen en andere chemische preparaten.  
Hannaway, *The chemist and the word*, 138-139, 155. Vgl. Newman, 'Technology and alchemical debate', 426.
  67. Over de in de zeventiende eeuw populaire leer van de 'vijf principes', zie Partington, *A history of chemistry*, II; en Debus, 'Chemistry in the universities', 31.
  68. Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 11-12; Patterson, 'Jean Beguin', 255-256; Partington, *A history of chemistry*, II, 253-254; Hannaway, *The chemist and the word*, 76, 89-90, 123-124, 139, 155; Schmauderer, 'Chemiatraker', 128-129; Debus, 'Chemistry and the universities', 21-25.
  69. Een zeer duidelijk voorbeeld van deze splitsing is zichtbaar in de organisatorische structuur van het Zweedse 'Bergkollegium' in 1639. De essayeurs maakten deel uit van de 'Probeerkamer', terwijl het 'Laboratorium Chymicum' - dat daar organisatorisch los van stond - louter diende voor de bereiding van geneesmiddelen.  
Lundgren, 'New Chemistry in Sweden', 147-148.
  70. Dit belangrijke verschil tussen de bereiding van de 'quintessence' en het onderzoek naar de samenstellende ('quinta-) essentie' van een stof wordt uiteengezet door Colnort-Bodet, *Le code alchimique*, 239-249.  
Vergelijk ook de tegenstelling die Jungius (1662) schetst tussen de apotheker (bereiding) en de essayeur (analyse). Schmauderer, 'Chemiatraker', 132.  
Na 1640/50 waren er overigens wel auteurs als DeClave, Becher, LeFèvre en Lemery die het verband benadrukten tussen de theoretische 'principes' en de laboratorium 'analyse'. Zie de volgende paragraaf en Partington, *A history of chemistry*, II, 644 en III, 31.
  71. Siegfried, 'The Chemical revolution', 43; Beretta, 'historiography of chemistry', 3-6.  
Fourcroy volgde hierin Macquer. Vgl. Schmauderer, 'Chemiatraker', 137; en Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 220.
  72. Donovans opinie dat de chemie pas met Lavoisier een wetenschap werd, doet geen recht aan deze omwenteling in de doelstellingen van de chemie. Zijn standpunt is bovendien reeds expliciet en impliciet weerlegd door Perrin, Melhado, Gough en Siegfried. Zie Donovan ed., *The Chemical Revolution*, passim en *Isis*, 1990, 259-276.
  73. N. LeFèvre, *A Compleat Body of Chemistry* (London 1670), geciteerd naar Coudert, *Alchemy*, 208.
  74. Over de moeizame integratie van de theoretische principes in de 'receptenboek-achtige' chemische leerboektraditie, zie Christie en Golinski, 'The spreading of the word', m.n. 245-249.
  75. Daarnaast stond hij onder de invloed van de Duitse leerboektraditie.  
Partington, *A history of chemistry*, III, 7, 17-19, 31.
  76. Partington, *A history of chemistry*, II en III.  
Voor het contrast tussen deze generatie leerboeken en het leerboek van

- Libavius, zie Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 243-245.
77. Christie en Golinski, 'The spreading of the word'.
  78. Dit onderscheid tussen medische en farmaceutische chemie is o.a. terug te vinden bij LeFèvre (1660) en Glaser (1663).  
Partington, *A history of chemistry*, III, 19; Neville, 'Christophle Glaser', 32. Het onderscheid verklaart ook het optreden van twee verschillende institutionaliseringsfasen van het chemische onderwijs in de Duitse medische faculteiten: 1609-ca. 1630 (chemiatri-sche fase), 1668-ca. 1700 (iatrochemi-sche fase).  
Vgl. Hufbauer, *German chemical community*, bijlage II; en Meinel, 'Chemie an den Universitäten', 40-44.
  79. Over het 'speculatieve' karakter van de verklaringen, zie Snelders, 'Steven Blankaart'.
  80. Zie ook Debus, 'Iatrochemistry', m.n. 58-64.
  81. De toenmalige scheiding tussen 'wetenschap' (logisch systeem van leerstellingen) en 'kunst' (een volgens regels uitgevoerde (hand)vaardigheid), maakte overigens dat de chemie niet eenduidig onder de wetenschappen was in te delen.  
Schmauderer, 'Chemiatriker', 136-146; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 211-213; Haupt, *Deutschsprachige Chemie-lehrbücher*, 74-76.
  82. Strube, *Georg Ernst Stahl*. Zie voorts hoofdstuk 3.
  83. Zie § 2.2.
  84. Lemery gaf nadrukkelijk aan dat zijn leerboek voor (deze) twee publieken bestemd was.  
Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 245.
  85. Zie ook Schmauderer, 'Chemiatriker', 105-116.
  86. Van de Velde, 'Het chemisch compendium', 104-105.
  87. Kopp, *Geschichte der Chemie*, II, 8; Oldroyd, 'Stahl's *Philosophical principles*', 39; Schmauderer, 'Chemiatriker', 131.
  88. Voor vergelijkbare voorbeelden van een hardnekkig gebruik van bepaalde symbolen of uitdrukkingen ondanks de veranderende inhoud, zie Dobbs, 'the secrecy of alchemy', 84-88; en Frängsmyr ed., *Solomon's house revisited*, 122-123, 322.
  89. De achttiende eeuwse definities vallen in twee 'families' uiteen. Het meest talrijk is de omschrijving van de chemie als de wetenschap/kunst van de samenstelling, of constitutie, van de materie (te onderzoeken via analyse en synthese). Een minderheid omschreef - al dan niet in de traditie van de Newtonse fysica - de chemie echter als een 'wetenschap die de tot doel heeft veranderingen van de materie te verklaren, uit op elkaar inwerkende krachten' (C.F. Wenzel in 1773), of daarmee vergelijkbare definities (Freind 1712; Leonhardi 1788; Thomson 1805).  
Voor achttiende eeuwse omschrijvingen, zie: Gough, 'Lavoisier', 16; Haupt, *Deutschsprachige Chemie-lehrbücher*, 50-76; Schmauderer, 'Chemiatriker', 136-148; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 209-211; Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 245-260; Gustin, 'German chemical profession', 27-30; Beretta, 'T.O. Bergman'.
  90. Nog aan te treffen bij Sommerhoff 1701/1713.  
Schmauderer, 'Chemiatriker', 126-127.
  91. Bijvoorbeeld door Boyle, LeFèvre (1660), Le Mort (1688), Teichmeyer (1717).  
Partington, *A history of chemistry*, III, 19; Debus, 'Chemistry and the universities', 31; Schmauderer, 'Chemiatriker', 110-111, 120.

Over deze synoniemen, zie Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 64.

92. Szabadváry (*Geschichte der analytischen Chemie*, 40-53) en Debus (*The English Paracelsians*, 156-167), die de geschiedenis van de analyse van bronwaters behandelen, spreken steeds over 'chemische analyse', zonder evenwel aan te tonen dat de door hen behandelde auteurs deze 'anatomie' van minerale bronnen inderdaad als een onderdeel van de chemie zagen. Een uitzondering is Libavius, die deze analyse in zijn leerboek behandelt. Libavius, *Alchemia* (1597). Zie hierover Debus, a.w., 160, 162; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 69; en Hannaway, *The chemist and the word*, 144.
93. Partington, *A history of chemistry*, III, 12, 31-32; Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 50; Colnart-Bodet, *Le code alchimique*, 243-247. De term 'chemische analyse' schijnt van Boyle afkomstig te zijn (Burns, 'the history of quantification', 205). De uitdrukking 'analytische chemie' in van veel later datum (zie hoofdstuk 8).
94. Stahl, die een leerling van Wedel was, kondigde in 1696 een college 'Metallum Docimasiam' aan te Halle, hoewel hij toen nog hoogleraar in de medische faculteit was. Strube, *Georg Ernst Stahl*, 19.  
Vanaf ongeveer 1700 waren er verschillende leerlingen van Wedel en Stahl (nl. Fritsch, Henckel, Eller en Pott) die tijdens of na hun medische studie zich verder in de (docimasische) chemie bekwaamden door in de Duitse mijnbouwcentra bij metallurgen in de leer te gaan. Zie ook hoofdstuk 3.
95. Hoofdstuk 3 en 8.
96. Schmauderer, 'Chemiatriker', 110-111.  
Vergelijkbare indelingen zijn te vinden bij Stahl (1720) en bij Rothe (1721). Schmauderer, 'Chemiatriker', 131;

Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 57.

97. Teichmeyer definieerde de alchemie dus louter technisch, zonder aandacht te besteden aan de gnostische, religieuze en psychologische aspecten van de alchemistische leer. Dit reflecteerde het uiteengroeien van de 'openbare' (al)chemie en de esoterische alchemie gedurende de zeventiende eeuw. Dobbs, 'the secrecy of alchemy'.  
Voor een interessante beschouwing over de verhouding tussen de publieke wetenschapsbeoefening en de geheime ('private') alchemie bij Newton, zie Golinski, 'The secret life of an alchemist'.
98. Vgl. Schmauderer, 'Chemiatriker', 101-205; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 207-258; Gustin, 'German chemical profession', 27-30, 37-38.
99. Alan Rocke was tot nu toe de enige die expliciet dezelfde vragen aan de orde stelde. In zijn artikel (1985) beperkt hij zich echter tot het onderzoek naar het verdwijnen van het Arabische voorvoegsel 'al' in de zestiende eeuw en gaat hij niet in op de transformaties die daarna nog in de schrijfwijze zouden optreden.  
Rocke, 'Agricola'.
100. Partington, *A short history of chemistry*, 20; Leicester, *The historical background of chemistry*, 45; Hooykaas, *Geschiedenis der natuurwetenschappen*, 55, 59; Lancilot, *De Brandende Salamander* (1680), 1-2; Van Lennep, *Alchemie*, 10-12.
101. Rocke, 'Agricola'.
102. Agricola, *De Re Metallica* (1556).
103. Rocke, 'Agricola', 40-41.
104. Rocke, 'Agricola', 41; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 99.  
In de Duitse vertaling van het werk van Cardano (1559) hield de vertaler echter aan de spelling 'Alchimisten' en 'Alchemey' vast (Strahlmann, a.w., 45-46). In Duitse werken wordt de

- spelling 'Chimia', 'Chymicus' en 'chymisch' pas tussen 1586 en 1600 voor het eerst aangetroffen (Bijlage A). Vgl. ook Rocke a.w., 44.
105. Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 55.
  106. Rocke, 'Agricola', 41.
  107. Forbes, *the art of distillation*, 122-126; Telle, 'Verzeichnis der Exponate', 91-92; Debus, *The English Paracelsians*, 52-53.
  108. Vergelijk de adressanten die in de ondertitels van (de vertalingen van) zijn werken worden genoemd: 'Medicins, Chirurgiens, & Apothicaires', 'Alchymisten, Hauss- und Ehehalten, sonderlich aber den Barbieren, Wundartzen, Apoteckern, vnd andern der Artzney liebhabern'. Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), I 314-315.
  109. Hickel, 'Arzneimittel in Apotheke und Haushalt', 23; Telle, 'Verzeichnis der Exponate', 92.
  110. Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 55-56.
  111. Voor een beoordeling van zijn invloed in Engeland, zie Debus, *The English Paracelsians*, 51-53, 57 en 80-81.
  112. Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), I, 313-316; Forbes, *the art of distillation*, 121 en 377; Debus, *The English Paracelsians*, 193.
  113. Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 55-56, 99.
  114. Debus, *The English Paracelsians*, 52, 57; vgl. ook Seibicke, *Technik*, 94.
  115. Telle, 'Verzeichniss der Exponate', 58; Strahlmann, 'Chymisten in der Renaissance', 51-53; Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), II, 408.
  116. Bijvoorbeeld in Bazel, Leipzig, Marburg, Rostock, Jena, Königsberg, Greifswald, Wittenberg en Freiburg i/B.  
Hufbauer, *German chemical community*, 225-269; Debus, 'Chemistry and the universities'.
  117. Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), I, 70, 320 en II, 6-8, 92, 134-135, 164; *National Union Catalog*, Bd. 313, 608.
  118. Steven Blankaart, *De nieuwe heden-daagse stofscheiding, ofte Chymia..* (Amsterdam 1678). Volgens Van Spronsen gaan de begrippen 'stofscheyder' en 'stofscheyding' terug op Simon Stevin. Een vindplaats geeft hij echter niet. Vóór de uitgave van het leerboek van Blankaart waren dit in Nederland zeker geen gangbare begrippen. Het populaire leerboek van Blankaart (dat in Nederland vele herdrukken kende (1680, 1685, 1688, 1690, 1696, 1703, 1726)) maakte dat de 'Scheikunst' een gangbaar Nederlands woord werd. De term was waarschijnlijk het Nederlandse alternatief voor het Griekse woord 'Spagyrik' dat door Paracelsus gebruikt werd. De Duitser Ruland gebruikte de term 'Scheid Kunst' reeds 1612, maar vóór de vertaling van de geschriften van Blankaart was deze term in Duitsland niet gangbaar.  
Van Spronsen, 'The beginning of chemistry', 329; Schmauderer, 'Chemiatraker', 109, 118.
  119. Lancilot, *De Brandende Salamander* (1680).
  120. Ferguson, *Bibliotheca Chemica* (1906), II, 6-8; *National Union Catalog*, Bd. 313, 608.
  121. Meinel, 'Chemie an den Universitäten', 40.
  122. Hickel, 'Arzneimittel in Apotheke und Haushalt', 21.
  123. Schröder, *Die pharmazeutisch-chemischen Produkte*.
  124. *Medizinal-Edikt* van 12 november 1685.  
Schmauderer, 'Chemiatraker', 203; Wietschorek, *Die pharmazeutisch-chemischen Produkte*, 11.
  125. Hickel, 'Arzneimittel in Apotheke und Haushalt', 21.  
De eerste decennia werd dit gegeven overigens nog niet expliciet in exa-



- menen vertaald.
126. De leerboeken die in de eerste helft van de zeventiende eeuw door de Duitse medici werden gebruikt (Libavius, Croll, Beguin, Brendel, Hartmann, Rolfinck), waren in het Latijn geschreven en - op het boek van Croll na - niet in het Duits vertaald.
127. Het beroemde leerboek van Beguin was reeds in 1615 in het Frans vertaald en beleefde daarna vele Franse herdrukken. Vele andere Franstalige leerboeken volgden (o.a. LeFèvre, Glaser en Lemery).
128. Voor de verhouding tussen beide beroepsgroepen in Engeland zie Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 18-24.
129. Schmauderer, 'Chemiatraker', 101, 130-144, 147; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 209-211.
130. Een uitzondering is het boek *Der wohlverfahne Scheidekünstler, oder praktische Anweisung, wie man alle Erze und Metalle, sonderlich Gold und Silber, mit wenigen Kosten und Mühe probiren, und von einander scheiden soll*, Frankfurt a/M 1755. Zie Rosenthal, *Litteratur der technologie* (1795), 311.
131. Schmauderer, 'Chemiatraker', 104.
132. Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 214-215. Wel trof ik de spelling 'Alchemie' aan in de titels van enige tractaten uit 1728 (Ferguson, *Bibliotheca Chemica*, II (1906), 298-299).
133. Meinel, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 152-153. Zie ook hoofdstuk 3.
134. Schmauderer, 'Chemiatraker', 104, 201-202.
135. Bijv. J.C.P. Erxleben, *Anfangsgründe der Chemie* (Göttingen 1775); J.C. Wiegand, *Chemische Versuche über alcalische Salze* (Berlijn/Stettin 1774); en id., *Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie* (1777); C.E. Weigel, *Einladungs-Schrift vom Vorträge der Chemie auf Akademien* (Greifswald 1775); en id., *Grundriss der reinen und angewandten Chemie* (Greifswald 1777). Vgl. ook Meinel, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 154-155; en Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 50-59.
136. Hufbauer, *German chemical community*, m.n. 61-82.
137. Over de centrale rol van deze chemici, zie Hufbauer, *German chemical community*, 89-92.
138. Wiegand gaf in 1779 G.A. Hofmanns *Anleitung zur Chemie für Künstler und Fabrikanten* uit en in 1781 zijn eigen *Handbuch der allgemeinen Chemie*. J.F. Gmelin publiceerde in 1780 zijn *Einleitung in die Chemie*. Daarnaast hoorde ook technisch-chemicus J.A. Weber tot de eersten die de nieuwe spelling hanteerden. In 1779 publiceerde hij zijn *Kurze Anweisung für Anfänger der Apothekerkunst und Chemie*.
139. Wiegand, *Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie*, 85; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 208, 245-246.
140. Hufbauer, *German chemical community*, 93.
141. Hufbauer spreekt van 'cultural nationalism', maar is door anderen op het gebruik van de term nationalisme bekritiseerd, omdat de daarmee corresponderende historisch-geografische realiteit - m.b.t. de achttiende eeuw - niet erg duidelijk is. Hufbauer, *German chemical community*, 70-84, 94-97, 102-105, 145-147; Lowood, bespreking, 111-112; Meinel, bespreking, *Sudhoffs Archiv*, 244; Meinel, bespreking, *Angewandte Chemie*, 168.
142. Zie ook Schneider, 'Fatherland of Chemistry'.
143. In 1755 gebruikt in de titel *Der wohlverfahne Scheidekünstler* (zie boven),

- maar tussen 1755-1780 verder niet in boektitels e.d. gebruikt.
144. *Almanach oder Taschenbuch für Scheidekünstler und Apotheker* 1(1780), 201-202, geciteerd door Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 248 en door Hufbauer, *German chemical community*, 74.
  145. Schneider, 'Fatherland of Chemistry', 15.
  146. Schneider, 'Fatherland of Chemistry', 17 (mijn vertaling).
  147. Götz, *Bibliographie Trommsdorff*, 81, 104.
  148. Hufbauer, *German chemical community*, 26.  
Vgl. ook Schnabel, *Deutsche Geschichte*, I, 340.
  149. Zie ook Seibicke, *Technik*, 93-94.
  150. Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 208; Götz, *Bibliographie Trommsdorff*, 41, 58, 64, 66, 81, 103.
  151. Zo schreef J.C. Zimmermann bijvoorbeeld in de inleiding van zijn leerboek uit 1755: 'Denn keine einzige Profession von Handwerkern und Künstlern, kan, ohne die Chemie, nicht bestehen'. Waarna hij een lange lijst ambachten liet volgen voor wie de chemie nuttig en soms onontbeerlijk zou zijn. (Schmauderer, 'Chemiatraker', 201). Ook de Zweedse hoogleeraar J.C. Wallerius gaf 1759/1780 een vergelijkbaar lange opsomming; de hele nijverheid leek wel gebaseerd op de chemie (Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 62-63).
  152. Hetzelfde vraagstuk wordt ook behandeld in Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*; en in Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 5-28.
  153. Lancilot, *De Brandende Salamander* (1680); R. Boyle, *The Sceptical Chymist* (Oxford 1661); de Duitse vertaling van Lemery's *Cours de Chimie* (Dresden 1698).
  - Het citaat komt voor op de titelpagina van J. Agricola's *Commentariorum, Notarum, Observationum & Animadversionum in Johannis Poppii Chymische Medicin* (Leipzig 1638). Zie Telle, 'Verzeichnis der Exponate', 90.
  154. Lemery zelf gaf in Parijs een cursus in zijn laboratorium die niet exclusief voor farmaceuten was. Ook fabrikanten van chemicaliën ('beroepschymisten') zullen hier zijn opgeleid. Vgl. Partington, *A history of chemistry*, III, 28-30.
  155. Vgl. bijvoorbeeld het doel van Hermbstaedt (ca. 1790) om 'angehende Apotheker, ..., zu guten Scheidekünstlern zu bilden'. Pohl, 'pharmazeutische Privat Institute', 32. Zie ook § 3.2.
  156. Voor het gebruik van de uitdrukking 'Chemist (c.q. Chemiker) von Profession', zie § 3.2.
  157. Parafrase van twee citaten. Het citaat uit 1753 komt uit de *Encyclopédie* van Diderot (Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 227), dat uit 1790 uit een brief van Lavoisier aan Benjamin Franklin (Hufbauer, *German chemical community*, 100).
  158. Schmauderer, 'Chemiatraker', 101; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 211.
  159. Geciteerd naar Gustin, 'German chemical profession', 38.  
Beide definities laten fraai de verschuiving van 'kunst' (*erfahren und geschickt*) naar 'praktische wetenschap' zien (*verstehet und übt*), die tussen 1733 en 1810 optrad.
  160. Gustin, 'German chemical profession', 38.
  161. Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 209.
  162. Geciteerd Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 210.
  163. Schmauderer, 'Chemiatraker', 101.
  164. J.F. Memmert en G.F. Erdinger, *Tabellarische Beschreibung von sechzig Handwerken* (Schwabach 1803),

- geciteerd naar Krätz, 'Der Chemiker in den Gründerjahren', 261.
165. Met betrekking tot Nederland zijn er verschillende voorbeelden van 'chymisten' die chemische producten bereidden. In 1787 werd te Rotterdam een keur uitgevaardigd op het beroep van 'Chymist'. De invoering van de Franse wetgeving (1812) betekende in feite het einde van dit beroep, omdat geëist werd dat alle 'chymisten' het apothekersexamen zouden afleggen. Toch kwamen enige tijd in het apothekersregister nog omschrijvingen voor als: 'Abraham Best (Hoorn), apotheker, het beroep van chimist uitoefenende'.
- Van Lieburg, *Het medisch onderwijs te Rotterdam*, 56; Stoeder, *Geschiedenis der pharmacie*, 129, 183, 277, 316, 345-346; Steendijk-Kuypers, *Apotheek 'De Grootte Gaper'*, 14-15; Van der Korst, *Om lijf en leden*, 112-114.
- Voor Engeland en Frankrijk zie: Russell, Coley en Roberts, *Chemists by profession*, 14-15, 24, 29, 44-49; Partington, *A history of chemistry*, III, 28-30; Schmauderer, 'Chemiatraker', 200; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 227, 249-250; Krätz, 'Der Chemiker in den Gründerjahren', 261.
166. Tieboel, 'Welke zijn de eigenlijke Oorzaken' (1786), 13.
167. Bijv. Gustin, 'German chemical profession', 38.
168. Dit speelde zich af tegen de achtergrond van het streven van de Duitse apothekers, om in reactie op de opkomst van de chemisch-farmaceutische industrie, de bereiding van geneesmiddelen te monopoliseren. Zie hoofdstuk 8.
169. Göttling (1789) geciteerd door Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 250.
170. Vgl. ook Tieboel, 'Welke zijn de eigenlijke Oorzaken' (1786), 14, 81, 84, 89; Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker', I, 1635-1644 en II, 12-19; Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 250; en Gustin, 'German chemical profession', 30.
171. Schmauderer, 'Chemiatraker', 147, 200; Meinel, 'Theory or practice?', 124.
172. Zie ook hoofdstuk 8.

### Noten hoofdstuk 3

- In Duitsland werd de eerste officiële school voor apothekers, met twee chemie- en farmaciehoogleraren, in 1723 opgericht in Berlijn. Hufbauer, *German chemical community*, 231-232.
- Voor de ontwikkeling van het Duitse universitaire scheikunde-onderwijs in de achttiende eeuw, zie: Hufbauer, *German chemical community*; Meinel, 'Chemie an den Universitäten'; idem, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches'; idem, 'Artibus academicis inserenda'.
- Meinel, 'Artibus academicis inserenda'. Verschillende van deze chemiedocenten vormden de kern van de toen in wording zijnde Duitse 'chemische gemeenschap'. Hufbauer, *German chemical community*, 57-61, 83-95.
- Zie § 3.2.
- Over de invloed van Wolff op het achttiende eeuwse Duitse denken over de 'kunsten' en de techniek, zie Seibicke, *Technik*, 123-130.

6. Voor de Duitse 'Aufklärung' in relatie tot de chemie, zie Hufbauer, *German chemical community*, 17-29; Meinel, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 152-153; idem, 'Artibus academicis inserenda', 103-104; idem, 'Döbereiner', 40-41. Vgl. ook Albrecht, *Technische Bildung*, 33.
7. McClelland, *State, society, and university*; Lundgreen, 'Konstituering des 'Bildungsbürgertums'', 80-83.
8. Voor Bechers veelzijdigheid en invloed op velerlei terrein, zie: Jaeger, *Johan Joachim Becher*; Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 33; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 26-27; Krug, 'Johann Beckmann', 105-107; Strasser, 'Arbeitsgespräch'; Smith, 'Consumption and credit'; idem, 'Curing the body politic'; Teich, 'J.J. Becher and alchemy'; Meinel, 'Döbereiner', 42-43.
9. Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 33-35; Strube, *Georg Ernst Stahl*, 17-25; Meinel, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 331-332; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 36; idem, 'Döbereiner', 43.
10. Hufbauer, *German chemical community*, 8-12, 20-29; Meinel, 'Döbereiner', 43; Golinski, bespreking, 262-263.
11. In de achttiende eeuw waren de begrippen 'Beruf' en 'Stand' nauw verwant. Zie Conze, 'Beruf'. Voor een beroepsperspectief op de geschiedenis van het technisch onderwijs, zie Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 8-40; en idem, 'Fachschulen', m.n. 294.
12. *Die deutschen technischen Hochschulen*, 25, 78, 137, 243, 275; Treue, 'Geschichte des technischen Unterrichts', 28-29; Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien*, II, 18; Nový, 'Creating conditions', 54; Jilek, 'Main trends of technical education', 90-91; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 7-20; Albrecht, *Technische Bildung*, 26-27, 30-36; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 15-32, 37-88; Lundgreen, 'Fachschulen', 296; Hufbauer, *German chemical community*, 233.
13. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 17-18.
14. Stieda, *Die Nationalökonomie*, passim.
15. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 21-23; Brandt, *Preussen*, 119-123.
16. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 28-33. Von Justi zette kameralistische opleidingen op in Wenen (1752-1753) en Göttingen (1755-1758). Zincke was docent 'Kameralistik' in Leipzig (1740-1745) en aan het Collegium Carolinum te Brunswijk (1746-1768). Deze school was de eerste opleiding in Duitsland waar een omvattend lesprogramma in de 'Kameral-Wissenschaften', inclusief de technische vakken, werd gerealiseerd.
17. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 36.
18. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 9; idem, 'Konstituering des 'Bildungsbürgertums'', 80-82; idem, 'Wissen und Bürgertum', 113; Rueschemeyer, 'Professional autonomy', 46-47; Gispén, *Technical Education*, 4-5; Jarausch, 'The German professions', 12-15.
19. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 36, 55-58; Meinel, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 332; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 37-39; idem, 'Döbereiner', 41.
20. Hufbauer, *German chemical community*, 42-45; Meinel, 'Artibus academicis inserenda'; idem, 'Döbereiner', 40-44.
21. Lundgren, 'New Chemistry in Sweden', 147-149; Schmauderer, 'Chemiatraker', 166; vgl. ook Porter, 'The promotion of mining', 547-551.
22. Hufbauer, *German chemical community*, 9-10, 171.
23. Vanaf het begin van de zestiende eeuw werden er regelmatig 'Probiërbüchlein' uitgegeven. Tekenen die wijzen op cursorisch onderwijs zijn echter

- schaars. In 1735 werd te Schemnitz een 'Bergschule' opgericht (een voorloper van de Akademie), waar de essayeurskunst werd gedoceerd. Schmauderer, 'Chemiatraker', 166; Hufbauer, *German chemical community*, 263; Pöss, 'Techniker als Bahnbrecher', 205; Vozár, 'Entwicklung der Montanwissenschaften', 64-76; Vozár, 'Entwicklung der Bergwissenschaften'; Vlachovič, 'L'enseignement technique supérieur des mines', 66-69.
24. In Halle zetten Stahls leerling Johann Juncker en diens pupillen de traditie van hun meester voort. Hufbauer, *German chemical community*, 43; Meinel, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 156. In Leipzig stichtte de Saksische keurvorst in 1710 een tweede leerstoel chemie en een laboratorium. Door tegenwerking van de medische faculteit moest de docent na vier jaar vertrekken. Vanaf 1720 werd de metallurgische chemie echter regelmatig onderwezen. Rathmann ed., *Alma Mater Lipsiensis*, 92, 105-106, 113-114; Hufbauer, *German chemical community*, 43, 256.
  25. *Die deutschen technischen Hochschulen*, 161; Hufbauer, *German chemical community*, 171, 182-183; Schmauderer, 'Chemiatraker', 166; vgl. ook Porter, 'The promotion of mining', 549.
  26. Het onder Stahls naam uitgebrachte *Metallurgia, oder Anweisung zur Metallurgie, oder Schmelz- und Probierkunst* (Leipzig, 1720 en 1744), was in feite een dissertatie uit 1700 van zijn leerling J.C. Fritsch (Strube, *Georg Ernst Stahl*, 21, 40, 79). Nog in 1784 klaagde G.A. Suckow over het geringe aantal chemische leerboeken met een niet-farmaceutische oriëntatie. Suckow, *Anfangsgründe* (1784), v-vii, 3.
  27. Hufbauer, *German chemical community*, 43-45, 186; Treese, 'Berufsausbildung im Bergbau', 310-311; Lexis, *Hochschulen für besondere Fachgebiete*, 1-29; *Die deutschen technischen Hochschulen*, 87-92, 161-163. Voorts, Berlijn: Strunz, *Von der Bergakademie*; Brunswick: Albrecht, *Catalogus Professorum*, 107-109; Praag, Idra en Schemnitz: Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 169-170; Oberhummer, 'Chemie an der Universität Wien', 145-149; Vlachovič, 'L'enseignement technique supérieur des mines', 70-76; Vozár, 'Entwicklung der Montanwissenschaften', 76-86.
  - Duitsland liep hiermee voor op het buitenland. Mijnbouwacademies werden ook opgericht in Rusland (1773), Spanje (1776), Frankrijk (1783) en Engeland (1851). Zie: Guntau, 'Problemen des Zusammenhanges', 71-72; Barbian, 'Deutsch-französische Beziehungen'; Szabadváry, 'Relations Franco-Hongroises'; Luk'Yanov, 'chemical laboratories in Russia', 67; Gago, 'New Chemistry in Spain', 170.
  28. Meinel, 'Artibus academicis inserenda', 97-99, 103-104; idem, 'Döbereiner', 44. Inhoudelijke consequenties van de opkomst van het chemisch onderwijs in een mijnbouwkundige setting worden geanalyseerd in Porter, 'The promotion of mining'.
  29. Meinel, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 328-329; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 29-30; idem, 'Artibus academicis inserenda', 98, 100, 102-103; Lundgren, 'New Chemistry in Sweden', 146-151; Homburg, 'Het universitaire scheikunde-onderwijs', 229. In 1746 had Andreas Berch (1711-1774), prof. oeconomie te Uppsala, bepleit om aparte leerstoelen fysica, mechanica e.d. te stichten. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 23-24, 65-68.
  30. Zie § 2.1 en Schmauderer, 'Chemiatraker', 110-111; Christie en Golinski,

- 'The spreading of the word', 249; en Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae', 382.
31. Voorbeelden van zulke auteurs zijn Rothe (1717) en Ernsting (1741). Haupt, *Deutschsprachige Chemie-lehrbücher*, 56-57; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 210.
  32. Meinel spreekt over twee typen 'Forschungsziele', maar voert geen bronnen aan waarin van onderzoeksogmerken sprake is.  
Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae', 374-375; idem, 1983, 126-128; idem, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 328-332; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 29-35.
  33. 'Zuiver' betekende voor Wallerius en zijn tijdgenoten 'louter', of 'ongemengd', en had niet de latere betekenis van 'l'art pour l'art'-wetenschappelijk onderzoek. De vakinhoud van de 'chemia pura' bestond uit louter chemie, zonder 'bijmenging' van onderdelen van de fysica, de natuurlijke historie, of van toepassingsgebieden.
  34. Meinel, 'Theory or practice?', 127; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 30; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 59-63.
  35. Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae'.
  36. Wallerius had zijn begripsmatige onderscheid ontleend aan het reeds bestaande begrippenpaar 'mathesis pura' en 'mathesis applicata' (of 'mixta').  
Meinel, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 329-330; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 31.  
Ook de Franse chemicus P.J. Macquer vergeleek in 1749 de chemie met de geometrie. De leerstellingen van deze twee wetenschappen vormden volgens hem de grondslag voor alle 'maatschappelijk nuttige en noodzakelijke kunsten en wetenschappen'. Duidelijk blijkt uit deze formulering dat ook hij een onderscheid maakte tussen de grondslagen en de toepassingen daarvan. Schmauderer, 'Chemiatraker', 137; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 219. Vgl. ook Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 446-447.
  37. Voorbeelden zijn Cullen in Schotland (1748), Macquer (1749/51) en Venel (1751/53) in Frankrijk en Lomonossov (1751/52) in Rusland. Christie en Golinski wijzen nadrukkelijk op de institutionele en didactische context van Cullens denkbeelden (hij was nl. professor in een medische faculteit, die ook 'chemical lectures .. directed .. to the improvement of arts and manufactures' gaf).  
In Nederland, waar de mijnbouw van geen betekenis was, trachtten chemiedocenten als J. Le Mort, H. Boerhaave en J.D. Hahn de zelfstandige status van hun leervak (t.o.v. de geneeskundige vakken) met behulp van de fysica en de corpusculaire theorieën van Descartes en Newton te legitimeren.  
Clow en Clow, *The Chemical Revolution*, 588-589, 646; Donovan, *Philosophical chemistry*, 107-110, 291; Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 249-255, m.n. 254; Withers, 'William Cullen's agricultural lectures'; Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae', 375-378; idem, 'Theory or practice?', 127; idem, 'die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen', 330; idem, 'Reine und angewandte Chemie', 34-35; idem, 'Chemie an den Universitäten', 43, 45-46; Schmauderer, 'Chemiatraker', 122-124, 136-138, 143-144; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 219-221.
  38. Meinel, 'De praestantia et utilitate Chemiae', 380, noot 67; idem, 'Arti-

- bus academicis inserenda', 96-99 en 102-104.
39. Meinel, 'Reine und angewandte Chemie', 32-33; idem, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 160; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 8-9, 35-36, 39-40, 50-56, 137-141.  
Macquer wordt door Meinel en Haupt niet genoemd. Dit is opmerkelijk omdat juist deze auteur als eerste in 1749/51 een duidelijk onderscheid aanbracht tussen de 'theoretische' en de 'praktische' chemie en zijn stof systematisch structureerde op basis van een hiërarchische ordening van de drie rijken der natuur. Deze indeling werd ook door Erxleben gevolgd.
  40. Meinel, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 161; idem, 'Döbereiner', 44; Eulen, 'Die patriotischen Gesellschaften', 176-178; Mijnhardt, *Tot Heil van 't Menschdom*, 73-74; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', m.n. 124-191.
  41. Meinel, 'Reine und angewandte Chemie', 38-39; idem, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 156, 159-161, 165; idem, 'Artibus academicis inserenda', 98; Hufbauer, *German chemical community*, 43, 179-180 (biogr. H. Ludolf), 184-185 (biogr. C.A. Mangold), 238-239, 246-247.  
Mangold (Erfurt) vertaalde een leerboek van Wallerius en Ludolf (eveneens te Erfurt) besteedde in zijn *Einkleitung in die Chemie* (1752) nogal wat aandacht aan de oeconomische chemie.  
Zie Fischer, 'Entwicklung der chemischen Industrie', 758.
  42. Schmauderer, 'Chemiatraker', 110-111; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 62.
  43. Hohenthal was in 1764 een van de oprichters van de *Kurfürstlich sächsische oeconomische Gesellschaft* te Leipzig.  
Hoffmann, *Chymie zum Gebrauch* (1757); Hamberger, *Das gelehrte Teutschland*, VI, 28-29; Multhaupt, *history of chemical technology*, 6-7; Stieda, *Die Nationalökonomie*, 49-50; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 201.
  44. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 52-53; Schmalz, *Encyclopädie der Cameralwissenschaften* (1797), 9-11; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 52; Beckert, *Johann Beckmann*, 78; Schmidt ed., *Alma mater Jenensis*, 121-123; Lessing, 'Technologen', 108-110; Troitzsch, 'Landwirtschaftslehre, Technologie', 1166.  
Vóór Beckmann werd het werkteerterrein van de technologie ook wel 'Stadtwirtschaft' genoemd, ter onderscheiding van de 'Landwirtschaft'.
  45. Meinel, 'Reine und angewandte Chemie', 32-33; idem, 'Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches', 155-156; Friedrich, 'Deutsch-schwedische Wissenschaftsbeziehungen', 178-183; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 63-64, 150-151, 316.
  46. Bijvoorbeeld door J.C. Wiegand (1781), G.A. Suckow (1784) en J.F. Gmelin (1786). Gmelin gaf de volgende definitie: 'Technische chemie ist derjenige Theil der angewandten Chemie, welcher die chemischen Grundsätze der Fabriken, Manufakturen, Künste und Handwerker und ihre vorteilhafte Anwendung auf diese lehrt'.  
Gecit. Seibicke, *Technik*, 213-214.  
Deze geeft ook een korte geschiedenis van het begrip 'technische chemie' (212-214).
  47. Fischer, *Das Studium der technischen Chemie*, 3-6; idem, 'Entwicklung der chemischen Industrie', 756; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 159-160; Schmitz en Stecher, 'Pharmazeutische Technologie', 670.

- Dit practicum was vermoedelijk vooral bestemd voor de studenten in de metallurgie.
48. Vgl. de titel van J.F. Gmelins *Chemische Grundsätze der Gewerbskunde* (Hannover 1795), waarbij 'Gewerbskunde' een synoniem is voor 'Technologie'. Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 160.
  49. Gmelin (1795), geciteerd naar Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 160.
  50. Wieglebs indeling lag bijvoorbeeld ten grondslag aan de opzet van W.A. Lampadius' *Grundriss der technischen Chemie* (1815).  
G.A. Suckows *Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chemie* (1784), vertegenwoordigt een wat afwijkend leerboekgenre. Het is een algemeen chemisch leerboek in de traditie van Erxleben (1775), met voorbeelden uit het gebied van de toegepaste chemie. Het lijkt daarmee op de latere Franse leerboeken van Chaptal (1807) en Thenard (1813-16).
  51. Met betrekking tot Beckmann en zijn 'Technologie' heb ik mij gebaseerd op Rössig, *Lehrbuch der Technologie* (1790); Hermbstaedt, *Grundriss der Technologie* (1814); Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 31-64; Eulen, 'Die Technologie'; Seibicke, *Technik*, 130-153; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 148-205; Weber, 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk'; Beckert, *Johann Beckmann*; Multhauf, *history of chemical technology*, 3-22; Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 446-451; Lessing, 'Technologen'; Krug, 'Johann Beckmann'; Weber, 'Technologie' und 'Polytechnik'; en Troitzsch, 'Landwirtschaftslehre, Technologie'.
  52. Een (vroeg) indicatie hiervoor vormen de titels van de oeconomische tijdschriften die omstreeks 1770 werden opgericht. In tegenstelling tot de daaraan voorafgaande jaren kwamen daarin na 1770 regelmatig termen als 'Künste', 'Gewerbe' en 'Fabriken' voor.  
Kirchner, *Die Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes von den Anfängen bis 1830*.  
Vgl. ook J.H. Jung-Stilling (1785), geciteerd door Lessing, 'Technologen', 114-115.
  53. De ondertitel van het leerboek van Beckmann (1777).  
Vgl. ook Seibicke, *Technik*, 139-143.
  54. Fischer, 'Entwicklung der chemischen Industrie', 756; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 148-149; Beckert, *Johann Beckmann*, 80; Krug, 'Johann Beckmann', 107.
  55. Rössig, *Lehrbuch der Technologie* (1790), 'Einleitung', §§ 8-11; Hermbstaedt, *Grundriss der Technologie* (1814), xi-xiii; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 150-151; Beckert, *Johann Beckmann*, 80; Lessing, 'Technologen', 114-116; Troitzsch, 'Landwirtschaftslehre, Technologie', 1152, 1156-1158.
  56. Weber, 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk'.
  57. Beckert, *Johann Beckmann*, 84-85.
  58. Fester, *Die Entwicklung der chemischen Technik*, 127; Eulen, 'Die Technologie', 255-256; Weber, 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk', 148-149; Beckert, *Johann Beckmann*, 86-87; Krug, 'Johann Beckmann', 109; Weber, 'Technologie' und 'Polytechnik', 304; Troitzsch, 'Landwirtschaftslehre, Technologie', 1158-1159. Zie ook Chaptal, *Chimie appliquée aux arts* (1807), xii-xiii; idem, *Die Chemie* (1808), vii.
  59. Eulen, 'Die Technologie', 252-254; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 23-27; Weber, 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk', 148; Multhauf, *history of chemical technology*, 10-11.
  60. Het idee om verschillende ambachten



- en fabrieken samen te vatten onder de noemer 'chemische industrie' dateert ook pas uit die tijd. Voor zover mij bekend was J.J. Ferber de eerste die, in 1793, het begrip 'chemische Fabriken' gebruikte.  
Vgl. Fester, *Die Entwicklung der chemischen Technik*, 127, 213.
61. In de loop van de negentiende eeuw veranderde, hand in hand hiermee, de betekenis van het begrip 'Technologie' van 'Gewerbekunde' (kennis van neringen en hantering) in 'Verfahrens-kunde' (kennis van processen). Deze verandering werd reeds zichtbaar bij de introductie van het begrip 'allgemeine Technologie' door Beckmann (1806). Seibicke, *Technik*, 136-137, 153-156; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 179.  
Vgl. Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 449-451.
  62. Eulen, 'Die Technologie', 254-256; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 29-30; Lessing, 'Technologen', 129; Krug, 'Johann Beckmann', 108-109; Weber, 'Technologie' und 'Polytechnik'; Meinel, 'Artibus academicis inserenda', 103-104; idem, 'Döbereiner', 45.
  63. De bij Manegold, Weber, Albrecht en anderen aan te treffen bewering dat de technologie, onder invloed van het in 1810 te Berlijn gerealiseerde neo-humanistische universiteitsmodel, op de universiteiten 'bald nur mehr ein Schattendasein [führte]' en daar weldra verdween, geeft een volledig verkeerd beeld. (Zie: Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*; idem, 'Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik'; Albrecht, *Technische Bildung*, 45-47; Weber, 'Technologie' und 'Polytechnik', 304, 306).  
Tot na 1850 werd het vak technologie bijvoorbeeld nog gegeven aan de universiteiten te Bazel, Berlijn, Bonn, Freiburg i/B, Giessen, Göttingen, Greifswald, Jena, Leipzig, Marburg, München en Würzburg. (Vgl. ook de discussie n.a.v. een artikel van Manegold, weergegeven in Treue en Mauel ed., *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft*, I, 283 e.v.).
  64. Meer dan de leerstof in de chemisch georiënteerde technische leerboeken van Suckow (1784), Chaptal (1807) en Thenard (1813-16).
  65. Meinel, 'Artibus academicis inserenda', 98-99; idem, 'Döbereiner', 44.
  66. Afgezien van de paar chemici die een aanstelling hadden als chemicus aan een academie van wetenschappen.
  67. De eerste louter-chemische ordinariaten (zonder farmacie of botanie in de leeropdracht) ontstonden in Duitsland aan de universiteiten te Leipzig (2e helft achttiende eeuw), Göttingen (1778), Berlijn (1810) en Praag (1811). Pas na 1810 zette de disciplinaire specialisatie zich echt door. Het duurde tot omstreeks 1850 eer iedere Duitse universiteit minimaal één louter-chemische leerstoel had. Eigen onderzoek, ongepubliceerd.
  68. Hufbauer, *German chemical community*.  
Over de invloed van het beroep van (hoog)leraar - en van het instellen van leerstoelen - op het ontstaan van disciplines en wetenschappelijke gemeenschappen, zie Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 33-39, 90-93; Schüring, *Die Entstehung des Mathematikalehrerberufs*, 103-104; idem, 'the Bonn natural sciences seminar', 59; en Belhoste, 'l'enseignement secondaire scientifique', 4. Zie ook Morrell, 'Professionalisation', 982.
  69. In de jaren 1780 startte zulk onderwijs in Göttingen (zie boven) en aan de mijnbouwacademie te Schemnitz. Hufbauer, *German chemical community*, 263; Vlachovič, 'L'enseignement technique supérieur des mines', 76,

- 78, 81-82; Szabadváry, 'Early laboratory instruction'; idem, 'Relations Franco-Hongroises'.
70. De vereniging viel 1791/93 uiteen ten gevolge van de oorlogshandelingen na de Franse Revolutie.  
Teich, 'Born's amalgamation process', 329-340; Hufbauer, *German chemical community*, 196-197; Molnár, 'Die erste internationale Bergbauwissenschaftliche Konferenz'; Pöss, 'Techniker als Bahnbrecher'; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 282-286; Szabadváry, 'Relations Franco-Hongroises'.
71. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 45-46; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 10-11.
72. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 41-50; Simon, *Die Fachbildung*, 601-633; Knabe, 'Realschulwesen', 243-259; Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 33-39; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 41-53; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 11-12; Albrecht, *Technische Bildung*, 28-29; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 32-36; Lechner, 'Vom Befehl zum Beweis'. Voor de invloed van het Brunswijks Collegium Carolinum op deze ontwikkeling, zie *Die deutschen technischen Hochschulen*, 49.
73. Naar het chemische onderwijs op de achttiende eeuwse Realschulen is nog nauwelijks onderzoek gedaan. De vroegste voorbeelden van apart onderwijs in de scheikunde die ik ben tegengekomen, zijn: de *Rosenschule* van J.G. Darjes bij Jena (1761); het onderwijs van K.Ch. Schmieder te Halle (ca. 1802), van K.D. Turte te Berlijn (1803), en van K. Ch. Schmieder te Kassel (1812); en de onderwijswetten in Oostenrijk (1804) en Beieren (1808).  
Zie de biografieën van K.Ch. Schmieder (1778-1850) en K.D. Turte (1776-1847); Bidermann, *technische Bildung* (1854), 65-66; Keferstein, 'Chemie in höheren Schulen', 845-846; Knabe, 'Realschulwesen', 246-274; Rein, 'Österreichisches Schulwesen', 428, 432; Schleip, 'Geschichte des Chemieunterrichts', 25-64; Bauer, 'Geschichte des Chemieunterrichts', 3, 7, 9; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 52-53.
74. Bijvoorbeeld van de polytechnische scholen in Wenen, Karlsruhe, Stuttgart en Darmstadt.  
Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 39; Albrecht, *Technische Bildung*, 25.
75. Kameralisten als Zincke en Beckmann namen deze denkbeelden in hun onderwijs over.  
Timm, *Kleine Geschichte der Technologie*, 36.
76. De beste ideeëngeschiedenis van het natuurwetenschappelijke onderwijs in de achttiende eeuw is Schölers *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*. Verder heb ik voor Hecker, Basedow, Salzmann, Pestalozzi en de Verlichtingspedagogiek onder andere geconsulteerd:  
Paulsen, 'Aufklärung u. Aufklärungspädagogik'; Knabe, 'Realschulwesen', 249-259; het artikel 'Philanthropismus' in Horney, Ruppert, Schultze ed., *Pädagogisches Lexikon*; Schleip, 'Geschichte des Chemieunterrichts', 13-23; en Bowen, *A history of Western education*, 197-201, 218-232.
77. Eulen, 'Die patriotischen Gesellschaften', 177-180; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 326-336.  
Vergelijk voor Nederland de in 1784 oprichte *Maatschappij tot Nut van 't Algemeen*.  
Mijnhardt, *Tot Heil van 't Mensdom*, 259-294, m.n. 276.
78. Knabe, 'Realschulwesen', 249-259; het artikel 'Philanthropismus' in Horney, Ruppert, Schultze ed., *Pädagogisches Lexikon*; Blankertz, 'Geschichte

- der Berufsausbildung', 262-265; Eulen, 'Die patriotischen Gesellschaften'; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 23-27.
79. Vierhaus, 'Bildung', 512-515, 519-521; Blankertz, 'Geschichte der Berufsausbildung', 263-264; het artikel 'Philanthropismus' in Horney, Rupert, Schultze ed., *Pädagogisches Lexikon*.
  80. Blankertz, 'Geschichte der Berufsausbildung', 261-265; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 380.
  81. Vroegere voorbeelden in Duitsland zijn het particuliere chemische 'instituut' van A.S. Marggraf (1709-1782) in Berlijn, dat vanaf de jaren 1740 bestond en de chemische kostschool van H. Ludolf (1708-1764) te Erfurt (1743-?). In Parijs hadden de chemici Macquer en Baumé vanaf 1757 een privé-school. In Engeland waren er verschillende docenten die tegen betaling chemische lessen gaven. Bekend was de school van Bryan Higgins (1774). Er zijn geen studies naar de mogelijke invloed van deze scholen op het instituut van Wiegleb verricht. Gustin, 'German chemical profession', 61; Hufbauer, *German chemical community*, 179-180; Gibbs, 'Bryan Higgins'; Neville en Smeaton, 'Macquer's 'Dictionnaire de Chymie'', 617.
  82. Deze paragraaf over de zogenaamde 'chemisch-pharmaceutische Privatinstitute' is voornamelijk gebaseerd op de dissertatie van Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute'. Zie ook Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 180-183, 213-220; Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute'; Abe, 'ersten pharmazeutischen Lehranstalten'; en Abe, 'Die Pharmazeuten-Ausbildung'. Voor de school van Wiegleb, zie voorts: Stöller, 'Johann Christian Wiegleb' (1800); Gustin, 'German chemical profession', 61-64; Hufbauer, *German chemical community*, 190-191; en Kertscher en Umbreit, 'Johann Christian Wiegleb'.
  83. Hufbauer, *German chemical community*, 72.
  84. Stöller, 'Johann Christian Wiegleb' (1800), 696.
  85. Wiegleb was ook betrokken bij de Duitse uitgave van *Herrn Demachy's Laborant im Grossen, oder Kunst die chemische Produkte fabrikmässig zu verfertigen* (Leipzig 1784). Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 215.
  86. Vgl. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 68-69; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 20, 25, 191; Abe, 'Die Pharmazeuten-Ausbildung', 166; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 23-27. Ook aan de latere chemische en farmaceutisch-chemische instituten lag een duidelijk filantropijnse onderwijsfilosofie ten grondslag, tot uiting komend in het idee van de 'eenheid van theorie en praktijk', in de grote nadruk die op de morele vorming werd gelegd en in de aandacht die de individuele leerling kreeg. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 164-171.
  87. Onder 'konstenaars' werden in die tijd de beoefenaars van bepaalde 'verheven' ambachten verstaan, staande tussen het zuivere handwerk en de wetenschap. Voorbeelden zijn beroepen als horlogemakers, goud- en zilversmeden, klokkengieters, juweliers, apothekers en chemisten ('Laboranten'). Tieboel, 'Welke zijn de eigenlijke Oorzaken' (1786), 2-3; Conze, 'Beruf', 502.
  88. Suckow, *Anfangsgründe* (1784), 5-6, 11; Lampadius, *Grundriss der technischen Chemie* (1815); Multhaus, *history of chemical technology*, 10, 13-14, 17; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 66, 151-153, 318-319.
  89. Stöller, 'Johann Christian Wiegleb'

- (1800), 696; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 26-27; Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute', 636; Hufbauer, *German chemical community*, 191.
90. Toen Salzmann het instituut in 1785 bezocht had Wiegleb zes leerlingen. Stöller, 'Johann Christian Wiegleb' (1800), 696; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 26.
  91. Hermbstaedt (1786) en Götting (1785-87) studeerden tevens technologie en technische chemie bij J. Beckmann en J.F. Gmelin aan de universiteit van Göttingen.  
Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 329-330, 336-337; Hufbauer, *German chemical community*, 208, 211.
  92. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute'; Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute', 636-639.  
Mogelijk zijn enkele van deze 13 instituten nooit boven het planningsstadium uitgekomen. Een tweede oprichtingsgolf volgde na 1820.
  93. Over de hervormingsbeweging onder apothekers, zie Ganzinger, 'Über die ökonomische und sozialen Krise'; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 10-16, 41-42, 192; Gustin, 'German chemical profession', 51-77; Götz, 'Verhältnis zwischen Pharmazie und Staat'; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 286-290. Zie ook hoofdstuk 1.
  94. Rosen, 'Entwicklung der sozialen Medizin', 78-90.
  95. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 41-43; Götz, 'Verhältnis zwischen Pharmazie und Staat', 2328-2330.
  96. Over Trommsdorff en zijn instituut, zie Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 38-71; Abe, 'Geschichte des 'Chemisch-physikalisch-pharmazeutischen Instituts' '; Gustin, 'German chemical profession', 66-77; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, m.n. 35-39, 123-129; idem, *Bibliographie Trommsdorff*.
  97. Zie hoofdstuk 8.
  98. Gustin, 'German chemical profession', 130-156.  
Trommsdorff omschreef zijn school een enkele maal (1805) ook wel als een school voor 'angehende Chemiker'.  
Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 226.
  99. De toekomstige apothekers maakten ongeveer 63% van de leerlingenpopulatie uit. De gegevens uit verschillende bronnen komen niet volledig met elkaar overeen.  
Vgl. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 63-65; Gustin, 'German chemical profession', 73; Abe, 'Die Schüler des Trommsdorffschen Instituts'; idem, 'Die Pharmazeuten-Ausbildung', 166; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 35-42.
  100. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 57; Gustin, 'German chemical profession', 144; Götz, *Bibliographie Trommsdorff*, 10, 77; Huhle-Kreutzer, *ärztlicher Produktionsstätten*, 35-36, 151.
  101. Fiedlers school bestond van 1795 tot 1797. Schaub richtte zijn school in 1797 op. Het is onzeker of dit een voortzetting van het instituut van Fiedler was. Wel was het onderwijsprogramma, met aandacht voor probeerkunst en metallurgie, van beide scholen vergelijkbaar.  
Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 333-334; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 30-33, 72, 74, 191-192; Abe, 'Die Pharmazeuten-Ausbildung', 166; *Deutsche Apotheker-Biographie. Ergänzungsband*, 117-118.
  102. Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 330-334; Hufbauer, *German chemical community*, 211.
  103. Wiegleb gebruikte deze uitdrukking bijvoorbeeld in 1775 en Hermbstaedt in 1788 en 1808.

- Harff, *deutschen chemischen Fachzeitschrift*, 73; Gustin, 'German chemical profession', 38; Hufbauer, *German chemical community*, 61; Chaptal, *Die Chemie* (1808), iv.
- Voor de toenmalige betekenis van de term 'Profession', zie Conze, 'Beruf', 498-499.
- Evenals Wiegleb schreef ook Hermbstaedt een leerboek voor de leerlingen van zijn privé-school dat zich volledig met de universitaire leerboeken kon meten, n.l. zijn: *Systematische Grundriss der Allgemeinen Experimental-chemie* (Berlijn 1791).
- Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 336-338; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 59, 66, 75, 325-326.
104. Vergl. § 2.3 voor andere voorbeelden van 'Chemiker' die zich tegen de 'Laboranten' afzetten.
  105. Zie hoofdstuk 8, m.n. §§ 8.2 en 8.3.
  106. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 191.
  107. Met als mogelijke uitzondering de school van de apotheker Johann Jakob Mayer in het Zwitserse Frauenfeld (1817).  
Gustin, 'German chemical profession', 139.
  108. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 72; *Deutsche Apotheker-Biographie. Ergänzungsband*, 118.
  109. Illustratief voor deze opsplitsing zijn ook de Oostenrijkse discussies (1812) over het instellen van een doctoraat in de chemie. Hier stonden de belangen van de farmacie en de nijverheidsbevordering tegenover elkaar. Van een op de chemische discipline als zodanig gerichte studie was geen sprake (zie § 5.1).
  110. Zie hoofdstuk 1.
  111. Een voorbeeld waarin de continuïteit tussen de 'chemische instituten' en de latere polytechnische scholen tot uitdrukking komt, is de hieronder te behandelen poging tot oprichting van een polytechnische school te Erfurt, waarin (o.m.) de scholen van Trommsdorff zouden opgaan.  
Trommsdorffs leerling J.A. Buchner legde in 1824 een duidelijk verband tussen de aard van Trommsdorffs instituut en de toen in oprichting zijnde polytechnische scholen.  
Stecker, 'Pharmazeutische Technik', 181.
  112. Zie Kirchner, *Die Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes von den Anfängen bis 1830*. Karakteristieke titels zijn, nr. 2943: *Der Bürgerfreund. Eine Wochenschrift für Fabrikanten, Manufakturisten, Handwerker und Bürger* (Berlijn 1784) en nr. 3913: *Technologisches Taschenbuch für Künstler, Fabrikanten und Metallurgen auf das Jahr 1786* (uitgegeven door J.F.A. Götting te Göttingen).
  113. Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 25-27, 173-190; Mijnhardt, *Tot Heil van 't Menschdom*, 74.  
Lowood wijst ook op de toen opkomende visie om de landbouw en de nijverheid *indirect* te bevorderen, via het stimuleren van de 'basiswetenschappen' (als de chemie, de natuurlijke historie e.d.).
  114. In Pruisen werd het verplichte lidmaatschap van een gilde afgeschaft in 1810/11, in de meeste andere Duitse staten pas na 1850.  
Henning, *Industrialisierung in Deutschland*, 62-65; Treue, *Gesellschaft, Wirtschaft und Technik*, 96-104; Pollard, *Peaceful conquest*, 59-63; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, I, 432.
  115. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 135-142; Strattmann, *Die Krise der Berufserziehung*; Strattmann, 'Betriebliche Berufsausbildung'; Blankertz, 'Geschichte der Berufsausbildung', 261-276.
  116. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 135; Strattmann, 'Betriebliche Berufs-

- ausbildung', 272.
117. Gispén, 'Technical Education', 21, 24 en 94.
  118. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 12-13.  
De term 'Kunst' had in die tijd behalve esthetische tevens technische connotaties. Zo werd de Franse term *École polytechnique* in 1798 nog vertaald met *Allgemeine Kunstschule*. Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 233.
  119. Over Kunth en het *Fabriken-Departement*, zie Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 340, 342-343; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 24-30; Gispén, 'Technical Education', 16-20; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 166; Welsch, 'S.F. Hermbstaedt', 58; idem, 'Entwicklung der Chemie', 12.
  120. Albrecht, *Technische Bildung*, 3; Gispén, 'Technical Education', 18.
  121. Een van de eerste chemische leerboeken bestemd voor de verbreiding van scheikundige kennis onder de ambachtslieden was J.A. Weber, *Leichtfässliche Chemie, für Handwerker und deren Lehrlinge* (Tübingen 1791). In 1795 volgde A.N. Scherer, *Versuch einer populären Chemie* (Mühlhausen) en in 1802 M. Imhof, *Anfangsgründe der Chemie* (München).  
Openbare avond- en zondagslessen in de chemie werden onder andere gegeven te München (Imhof vanaf 1792; K.W. Juch vanaf 1805), Weimar (Scherer 1799) en Erfurt (Trommsdorff 1799).  
Wurzer, *Handbuch der populären Chemie* (1806); Juch, *Handbuch der Chemie* (1807), iii-vi; Multhauf, 'pre-mature science advisor'; Gustin, 'German chemical profession', 136; Hufbauer, *German chemical community*, 220; Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 331-332, 338.
  122. In die tijd werden de ververij en de katoendrukkerij algemeen gezien als de bedrijfstakken bij uitstek waarvoor een grondige kennis van de chemie noodzakelijk was.  
Vgl. Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 473-474.
  123. In Nederland, vanaf de zeventiende eeuw hét Europese centrum van de katoendrukkerij, brachten de chemici T.P. Schonck en P.J. Kasteleyn in 1786 de toenmalige kwijnende toestand van die bedrijfstak in een direct verband met de ontbrekende scheikundige geschooldheid van de meesterknechts en kleurmakers (coloristen). Zij eisten, vanwege de vooruitgang die in het buitenland was geboekt, chemisch onderwijs voor deze groep. Maatregelen als in Pruisen werden evenwel niet genomen.  
Schonck en Castelein, 'Welke zijn de eigenlijke Oorzaken' (1786), 143-146.
  124. Hufbauer, *German chemical community*, 206; Welsch, 'Entwicklung der Chemie', 12-13; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 91.
  125. M.H. Klaproth volgde Achard in 1800 op als (chemisch) lid van de *Akademie der Wissenschaften*. Hermbstaedt werd (buitengewoon) lid in hetzelfde jaar. Mogelijk hield de oprichting van de *Technische Deputation* in 1796 verband met een scheiding tussen de wetenschappelijke en de technische taken van de Academie, waarbij de laatste naar dit nieuwe orgaan overgeheveld werden. Bij de reorganisatie van de *Technische Deputation* in 1811 werd deze scheiding tussen wetenschap en techniek voltooid.  
Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 26; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 16-17; Weber, 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk', 144-145; Hufbauer, *German chemical community*, 45-48, 198, 206-207, 211, 230-231; Welsch, 'Entwicklung der Chemie', 11-15.

126. Over Hermbstaedt, zie Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt'; Hufbauer, *German chemical community*, 153, 210-212; Welsch, 'S.F. Hermbstaedt'; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 167-176.
127. Op grond van Hufbauers gegevens blijkt dat het duurste Duitse laboratorium dat in de achttiende eeuw werd gebouwd dat van de universiteit te Göttingen was. Dit werd in 1783 gebouwd voor 7406 Thaler. De verze-kerde som van Hermbstaedts laborato-rium was 20.000 Thaler.  
Hufbauer, *German chemical communi-ry*, 225-269; Mieck, 'Sigismund Fried-rich Hermbstaedt', 346.
128. Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermb- staedt', 340-346; Lundgreen, *Techni-ker in Preussen*, 40.
129. Strattmann, 'Betriebliche Berufsausbil- dung', 272-273.  
Dit reglement was opgesteld door Kunth.
130. Hermbstaedt, *Grundriss der Färbekunst* (1807); Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt', 343-344, 362; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 167-168.
131. In Frankrijk verdedigde J.A. Chaptal een vergelijkbare aanpak, die daar noodzakelijk was geworden door de afschaffing van de gilden. Zie § 4.3. Hermbstaedt was betrokken bij de vertaling van verschillende leerboeken van Chaptal.
132. Over de invloed van Beckmann op Hermbstaedt, zie Mieck, 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt'; Welsch, 'S.F. Hermbstaedt', 59, 63.
133. Hermbstaedt, *Grundriss der Färbekunst* (1807), vii-x.
134. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 39-40, 45-49.
135. Zie hoofdstuk 5.
136. Gustin, 'German chemical profession', 136-138.  
Ook Dingler gaf, net als Hermbstaedt, vanaf 1806 een tijdschrift uit speciaal gewijd aan de ververij en drukkerij.
137. Juch, *Handbuch der Chemie* (1807); Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 109-110.
138. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 62-64.
139. Gustin, 'German chemical profession', 138-139; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 96.
140. Andere namen die voor die geplande polytechnische school in omloop waren, zijn 'technologische Schule' en 'mathematisch-naturwissenschaftliche Anstalt'.  
Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitu- te', 57-61; Gustin, 'German chemical profession', 138-139; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 27-28.
141. Lowood, 'Patriotism, profit, and the promotion of science'.
142. Mijn weergave van de overeenkomsten en verschillen tussen het neohumanis- me en het filantropisme is voorname- lijk gebaseerd op Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unter- richts*, m.n. 72-102; Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberu- f*, 32-74, 85-100; en Jäger en Te- north, 'Pädagogisches Denken'. Zie voorts over het neohumanisme: Elzer, 'Neuhumanismus'; Blankertz, 'Ge- schichte der Berufsausbildung', 267-274; Paulsen, 'Aufklärung u. Aufklä- rungspädagogik'; Vierhaus, 'Bildung', m.n. 528-534; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 21-24.
143. Zie ook hoofdstuk 4 (over de ideeën van Laplace) en hoofdstuk 7.
144. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 26-30.
145. Schubring, *Die Entstehung des Mathe- matiklehrerberufs*, 56-62, 70; idem, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer'.
146. Zie ook hoofdstuk 7.
147. Lowood laat zien dat de periode 1790-1810 een cruciale fase vormde in de beroepsontwikkeling van verschillende bestaande (artsen, farmaceuten, mili-

- taire ingenieurs, mijnbouwkundigen) en nieuwe beroepen (bosbouwkundigen, landbouwkundigen).
- Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 271-336.
- Andere ingenieursberoepen en het beroep van chemicus kwamen op toen de politieke verhoudingen na de Juli-revolutie van 1830 weer gunstiger werden. Zie hoofdstuk 7 en 9.
- De opkomst van de zogenaamde 'occupational professions' of nieuwe professies (steunend op 'wetenschappelijke' expertise) wordt, evenals de opkomst van verschillende andere nieuwe beroepen, in de sociologische en historische literatuur in verband gebracht met de industrialisatie en met de vorming van de burgerlijke maatschappij. Ook de inhoud van de term 'Beruf' veranderde tezelfdertijd. In verschillende studies worden de ontwikkelingen in het onderwijsstelsel als een belangrijke graadmeter voor het ontstaan van deze nieuwe beroepen beschouwd.
- Conze, 'Beruf', m.n. 496-504; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 9-10, 135-136; idem, 'Wissen und Bürgertum', 107-108; Daheim, 'Berufssoziologie', 8, 12-13; Freidson, 'The theory of professions', 24-25; Rueschmeyer, 'Professional autonomy', 46; Siegrist, 'Bürgerliche Berufe', 13-14, 19-26; Gispén, *Technical Education*, 4, 22, 36; Morrell, 'Professionalisation', 980-982.
148. Een van die incidentele uitzonderingen was het Brunswijkse *Collegium Carolinum*, opgericht in 1747 en in 1835/1862 omgezet in een polytechnische school.
  149. Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, 32-36; idem, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 205-206.
  150. Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, 37-46, 66-70, 94-96; idem, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 206-208; Jeismann, 'Schulpolitik', 107-108; Schubring, 'Spezialschulmodell'.
  151. May gaf onderwijs aan wevers. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 25-26.
  152. Leraar fysica, chemie, warenkennis en technologie was K.D. Turte (1776-1847).
  153. Lundgreen spreekt van 'Gymnasialabsolventen'. Dit is echter onwaarschijnlijk. Hij ziet vermoedelijk de reorganisatie van de gymnasia na 1798 over het hoofd. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 26.
  154. Knabe, 'Realschulwesen', 258; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 26.
  155. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 24-40; Gispén, 'Technical Education'. Kunth poogde vervolgens in 1816 in Erfurt een 'technologische Schule' te stichten (zie boven).
  156. Zie § 3.2 en Manegold, 'Eine École Polytechnique in Berlin'; Lundgreen, *Techniker in Preussen*; Schubring, 'Mathematics and teacher training'.
  157. Knabe, 'Realschulwesen', 263; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschulen*, 63-76; Jeismann, 'Schulpolitik', 107-108; Jeismann, 'Das höhere Knabenschulwesen', 160; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 218; Rump, 'Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts', 206-207.
- Voor het Franse model van de 'lycées' (een fusie van de 'écoles centrales' en de 'collèges'), zie Weiss, *The making of technological man*, 31-35. Vgl. ook Belhoste, 'l'enseignement secondaire scientifique', 8-11; en Schubring, 'Spezialschulmodell', 291-296.
158. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 77-78.
  159. Knabe, 'Realschulwesen', 263; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 20; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 88-98; Laufer,



- 'Gewerbliches Schulwesen', 589; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 218.
160. Grimm, *Aufbruch ins Industriezeitalter*, I, 17.
  161. Zie hoofdstuk 6.
  162. Zie de in bijlage D geciteerde literatuur.
  163. Zie bijlage B. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 93-95; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 589; Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 488.
  164. Knabe, 'Realschulwesen', 263; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 20; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 95-98; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 589; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 218. Vgl. ook Müller, 'Der bayerische 'Sonderweg'', 259-260, 266.
  165. Zie hoofdstuk 6 en 7 en de literatuur vermeld in bijlage D.
  166. Exclusief de Oostenrijkse universiteiten. Turner, 'Universitäten', 221-222.
  167. Deze indeling, die afkomstig is van Helmut Schelsky (1963), wordt onder andere gebruikt door McClelland, *State, society and university*, 58-106. m.n. 101 en 106; Albrecht, *Technische Bildung*, 41-42; Turner, 'Universitäten', 221-229. Vgl. McClelland, 'Science in Germany', 293. Vgl. ook Müller, 'Der bayerische 'Sonderweg'', 259-260, 266.
  168. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 26-33; idem, 'Emanzipation der Technik', 383-387; Albrecht, *Technische Bildung*, 42, 45-47; Krug, 'preussischen Reformen', 174.
  169. Zie hoofdstuk 6 en 7; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 499, 504-ff; en Schubring, 'Spezialschulmodell'.
  170. In Frankrijk werden de universiteiten na de Revolutie opgeheven en vervangen door speciale medische, farmaceutische en technische scholen. Om die reden is deze organisatorische variant wel als 'het Franse voorbeeld' de geschiedschrijving van het Duitse polytechnische onderwijs ingegaan. Men ziet dan over het hoofd dat er in Duitsland reeds voor de Franse Revolutie een ontwikkeling gaande was om onderdelen van de universiteiten af te splitsen en in de vorm van aparte instituten te organiseren. Enkele voorbeelden hiervan (de ingenieurs- en artillerie-academies en de mijnbouwkundige scholen) zijn in § 3.1 reeds genoemd.
  171. Stieda, *Die Nationalökonomie*, 55-58, 304-318.
  172. Lexis, *Hochschulen für besondere Fachgebiete*, 31-164; Stieda, *Die Nationalökonomie*, 68, 79, 81; Urgela, 'Forestry education in Slovakia'; Jeismann en Lundgreen, *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte*, III, i.h.b. Schmiel, 'Landwirtschaftliches Bildungswesen', 307; Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 271-336.
  173. H. Einhof en Crome in Möglin en G. Schübler in Hofwyl.
  174. Treue, 'Geschichte des technischen Unterrichts', 47; Guggenbühl, 'Eidgenössischen Technischen Hochschule', 14-15; Albrecht, *Technische Bildung*, 39-40, 47-48.
  175. Schubring, 'Spezialschulmodell', 284-302.
  176. Deze school was in 1717 opgericht (§ 3.1) en sinds 1787 organisatorisch verbonden met de filosofische faculteit van de Praagse universiteit. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 64, 66; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 310; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 244; Lass-

- mann, 'Franz Joseph Ritter von Gerstner'; Nový, 'Creating conditions', 54-56.
177. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 100; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 244; Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Lassmann, 'Franz Joseph Ritter von Gerstner'; Jilek, 'technical education in Central Europe', 96-97.
  178. Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 310; Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Nový, 'Creating conditions', 56; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 100-101.
  179. Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 244-245; Jilek, 'technical education in Central Europe', 96-97.
  180. De auteurs die benadrukken dat Gerstners plan afweek van de Parijse school omdat hem geen militaire opleiding voor ogen stond vergeten bijvoorbeeld dat de *École polytechnique* vóór 1804 evenmin een militaire school was. Zie hoofdstuk 4.
  181. Deze reconstructie is gebaseerd op: Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-165; Jilek, 'technical education in Central Europe', 96-97; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 244-245; Bidermann, *technische Bildung* (1854), 66-67; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 310; Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Nový, 'Creating conditions', 54-56.
  182. Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-165.
  183. Schubring, 'Spezialschulmodell'.
  184. Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165.
  185. Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 18.
  186. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 68; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Nový, 'Creating conditions', 54-56.
  187. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 66, 68; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 309-310; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-165; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 245; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 18; Gollob, 'Frühgeschichte', 162-163; Jilek, 'technical education in Central Europe', 97; Nový, 'Creating conditions', 57.
  188. Gollob, 'Frühgeschichte', 164-165. Voor een behandeling van het chemische onderwijs in Praag, zie hoofdstuk 6.
  189. Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 245.
  190. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 81-82; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 312-313.
  191. Schödl, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 77, 111; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 310; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 165; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 245; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 18; Gollob, 'Frühgeschichte', 164-165; Jilek, 'technical education in Central Europe', 97.
  192. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 109.
  193. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 67, 75; Gollob, 'Frühgeschichte', 163-164, 198; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 101.
  194. Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen*

- schen Hochschulen* (1878), 310, 314; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 245-246, 250; Dždek, 'Vývoj výuky organické chemie', 523.
195. Zie hoofdstuk 5 en 6.
196. De termen 'speciale technische chemie' en 'algemene technische chemie' zijn van Precht afkomstig. Zie hoofdstuk 5.

## Noten hoofdstuk 4

1. Fester noemde de school bijvoorbeeld de eerste 'regelrechte Bildungsstätte (...) für den technischen Chemiker'. Anderen benadrukten, meer algemeen, dat de *École polytechnique* de eerste school was waar professionele wetenschappers doceerden en opgeleid werden. Fester, *Die Entwicklung der chemischen Technik*, 123; Lilley, 'Social aspects', 419-420; Mendelsohn, 'The emergence of science', 9-14; Crosland, 'The development of a professional career'; Hahn, 'Science in the early 19th century', 66-67; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 38-39.
2. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 12; idem, *Deutsche Geschichte*, III, 305; Mendelsohn, 'The emergence of science', 9, 14-16; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 13-14; Lipsmeier, 'Technik, allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik', 141-143; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 21-22; Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 39-40; Hahn, 'Science in the early 19th century', 66-67; Purkert, 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technischen Wissenschaften', 344; Albrecht, *Technische Bildung*, 44; Channell, *history of engineering science*, xix.
3. Liebigs leerling A.W. Hofmann kan als de geestelijk vader van deze stelling worden beschouwd. (Hofmann, 'The life work of Liebig', 1091). Zie voorts Lilley, 'Social aspects', 420; Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 233; Mendelsohn, 'The emergence of science', 11, 18-19; Krohn, 'Patterns of the institutionalization', 45; Crosland, 'France as a scientific centre', 453; ; idem, *Gay-Lussac*, 252-253; Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 39-40; Hahn, 'Science in the early 19th century', 67; Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 82-83.
4. Mendelsohn, 'The emergence of science'; Crosland, 'France as a scientific centre'; idem, 'Introduction'; idem, 'The development of a professional career'.
5. Gustin, 'German chemical profession', 78-79, 84-98, 104-105; Holmes, 'Liebig's laboratory', 122-128; Munday, 'Social climbing through chemistry'.
6. Voor de (ontstaans)geschiedenis van de *École polytechnique* heb ik mij vooral gebaseerd op: Smeaton, 'The early history of laboratory instruction'; Kersaint, *Fourcroy*, 98-108; Bradley, 'Scientific education versus military training'; idem, 'Scientific education for a new society'; idem, 'facilities for practical instruction'; idem, 'The financial basis', 482-483; Shinn, *Savoir scientifique*; en Langins, 'The decline of chemistry'. Voor de complexe oprichtingsfase zie in het bijzonder Kersaint, op. cit., 98-

- 104; Belhoste, 'Les origines de l'École Polytechnique'; en Langins, 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique'.
7. Zie voor de geschiedenis van de Franse ingenieursscholen onder het 'ancien régime': Taton ed., *Enseignement et diffusion des sciences en France*, 343-615.
  8. De leden van de commissie waren: J.-E. Lamblardie, C.A. Prieur, de chemici C.-L. Berthollet, J.A.C. Chaptal, L.B. Guyton de Morveau, A.F. Fourcroy en L.-N. Vauquelin, en de fysicus J.-H. Hassenfratz en de fysicus en wiskundige G. Monge. Beide laatsten zaten in de redactie van de *Annales de Chimie*. Allen, met uitzondering van Prieur, zouden professor worden aan de *École polytechnique*. Smeaton, *Fourcroy*, 61.
  9. Smeaton, *Fourcroy*, 69; Belhoste, 'Les origines de l'École Polytechnique', 44; Langins, 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique', 69.
  10. Belhoste, 'Les origines de l'École Polytechnique', 42-50; Langins, 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique', 71-76.
  11. Langins, 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique', 76-89.
  12. Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 224-227; Szabadváry, 'Early laboratory instruction'; Langins, 'The decline of chemistry', 4.
  13. Over de geschiedenis van dit tekenonderwijs, zie Belhoste, Picon en Sakarovitsch, 'Les exercices'.
  14. Het idee dat de basisprincipes van de chemie en de geometrie te zamen de grondslag vormden voor 'alle maatschappelijk nuttige en noodzakelijke kunsten en wetenschappen' was in 1749 ook reeds door Macquer verwoord (§ 3.1, noot).
  15. Shinn, *Savoir scientifique*, 13; Langins, 'The decline of chemistry', 2-3.
  16. Lavoisier was op 8 mei 1794 geguillotineerd. Tot 6-2-1797 heetten de docenten 'instituteurs', daarna 'professeurs'. Kersaint, *Fourcroy*, 268, noot 18.
  17. Zie tabel 4.2.
  18. Daar staat tegenover dat de Parijse chemici meestal aan meerdere scholen tegelijk verbonden waren (de 'cumul'). Dit kwam in Duitsland ook voor, maar in mindere mate. Zie voorts hoofdstuk 6 en 9.
  19. Kersaint, *Fourcroy*, 103-104; Smeaton, *Fourcroy*, 69-70.  
Voor een gedetailleerd overzicht van het onderwijs van Fourcroy, zie Smeaton, op. cit., 177-209, m.n. 201-204.
  20. Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 235.
  21. Fourcroy was niet de eerste die studentenpractica invoerde (immers Monge had aan de *École du Génie militaire* te Mézières reeds practica ingevoerd en ook de mijnbouwopleidingen te Schemnitz en Göttingen en de chemisch-farmaceutische privescholen zijn hierboven en in hoofdstuk 3 reeds genoemd) maar hij was wel de eerste die dit deed op een systematische en verplichte basis en op een grote schaal.
  22. In de oprichtingsplannen van de school gingen Monge en Lamblardie uit van een totaal van 400 leerlingen, verdeeld over 20 'brigades'. Deze 20 groepen waren over drie 'divisions' (= studiejaren) verdeeld.  
Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 227-229; Langins, 'The decline of chemistry', 3; idem, 'The préhistoire de l'Ecole polytechnique', 74-75.
  23. Szabadváry, 'Early laboratory instruction'; Langins, 'The decline of chemistry', 4-5.  
Evenals de filantropijnen benadrukte Fourcroy de combinatie van visuele en manuele onderwijsmethoden: 'alle zintuigen dienen samen te werken tijdens het leerproces' (Langins, op.

- cit., 5).
24. Langins, 'une lettre inédite de Laplace', 166.
  25. Zie voor deze discussie Langins, 'The decline of chemistry', 11-13; en Bensaude-Vincent, 'A view of the chemical revolution', 451-452.  
Voor de vergelijkbare opvattingen van Monge, zie bijvoorbeeld Glas, 'de 'Franse mathematische revolutie' '; Folta, 'Geometrical schools', 308-309; Hänseroth en Mauersberger, 'Die Entwicklung der Technischen Hochschulen', 26-28.
  26. Voor de tegenstelling tussen niet-hiërarchische en hiërarchische visies op het 'toepassen' van de wiskunde, zie Picon, 'Les ingénieurs et la mathématisation', m.n. 166.  
Zie voorts hoofdstuk 7.
  27. In deze zin werd door verschillende laat-achttiende eeuwse chemici ook het door Wallerius geïntroduceerde begrip 'toegepaste chemie' gebruikt. De 'fysische chemie' was voor hen, anders dan voor Wallerius zelf, een onderdeel van de *toegepaste* chemie, en wel dat deel dat de 'toepassing' van de chemische basisbeginselen op de natuurverschijnselen (de 'physis') behandelde.  
Vgl. Haupt, *Deutschsprachige Chemielehrbücher*, 63-64, 150.
  28. Voor de tegenwoordige lezer is het wellicht vreemd het begrip 'theorie' rechtstreeks met het begrip 'feit' in verband gebracht te zien (i.p.v. met 'principes' of 'wetten'), maar deze opvatting van Fourcroy was geheel in overeenstemming met de toen heersende empiristische, of 'proto-positivistische', wetenschapsopvatting.  
Vgl. ook Glas, 'De 'Franse mathematische revolutie' ', 170, 174.
  29. Dit sluit niet uit dat de docenten de laboratoria ook voor andere doeleinden gebruikten. Bij de oprichting stelde men dat de school tevens een 'atelier de découverte' zou moeten worden: een plaats waar de wetenschap vooruit zou worden gebracht. Deze rol heeft de *École polytechnique* inderdaad vervuld, echter via de privé-research van enkele hoogleraren en niet als geïnstitutionaliseerd kenmerk van de school.
  30. Een bijkomende reden voor deze beperkte toelating tot de practica vormden de slechte ervaringen die de docenten gedurende de eerste maanden na de oprichting met dit onderwijs hadden opgedaan. Een teken dat deze onderwijsvorm nieuw was en de bijbehorende didactiek nog geleerd moest worden.  
Voor deze slechte ervaringen, zie Bradley, 'facilities for practical instruction', 427, 430-431.
  31. Langins, 'The decline of chemistry', 6 en 16.  
In 1796 had de chemische staf aan de school daarmee een omvang gekregen die pas na 1850 aan de Duitse universiteiten en polytechnische scholen zou worden bereikt: drie hoogleraren, twee adjunct-hoogleraren (Chaptal was vertrokken), één préparateur-général (het hoofd van alle laboratoria), drie instructeurs-chimistes, en twaalf aides de laboratoire. Weldra zou deze staf-omvang drastisch ingekrompen worden.
  32. Over het aantal laboratoria dat op een bepaald tijdstip bestond zijn de mededelingen tegenstrijdig.  
Bradley, 'facilities for practical instruction', 429-433; Langins, 'The decline of chemistry', 4, 16-17.
  33. Andere bronnen uit 1797 spreken van 8 of 9 laboratoria.  
Bradley, 'facilities for practical instruction', 431-433; Langins, 'The decline of chemistry', 17.
  34. Langins, 'The decline of chemistry', 6.
  35. Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 230; Langins, 'The decline of chemistry', 6.

36. Hierover bestonden overigens reeds in 1794 onduidelijkheden en verschillen van mening.  
Langins, 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique', 79-82, 88-89.
37. Daarbij ging het om de *École d'Artillerie*, de *École du Génie*, de *École des Ponts et Chaussées*, de *École des Mines*, de *École des Ingénieurs géographes*, de *École des Ingénieurs de Vaisseaux* en een aantal 'écoles de navigation' en 'écoles de marine'.
38. Kersaint, *Fourcroy*, 104; Belhoste, 'Les origines de l'École Polytechnique', 53.
39. Zie tabel 4.2.
40. Daarnaast mochten enkele zeer goede studenten op individuele basis het derdejaars onderwijs volgen.  
Kersaint, *Fourcroy*, 104-105; Crosland, *Gay-Lussac*, 13-17.
41. Zie § 4.1.
42. Kersaint, *Fourcroy*, 105-106; Shinn, *Savoir scientifique*, 17.
43. Langins, 'une lettre inédite de Laplace'.
44. Voor een analyse van de epistemologische en pedagogische verschillen tussen Monge en Laplace, zie Glas, 'de Franse mathematische revolutie'.  
Zie voorts Grattan-Guinness, 'Paris mathematics'; Hänseroth en Mauersberger, 'Die Entwicklung der Technischen Hochschulen', 28-29; Picon, 'Les ingénieurs et la mathématisation', 164-166.
45. Voor de veranderingen in de bestuursstructuur, het onderwijsprogramma en de maatschappelijke plaats van de school tussen 1796 en 1816, zie:  
Langins, 'The decline of chemistry'; idem, 'une lettre inédite de Laplace'; Shinn, *Savoir scientifique*, 15-30; Kersaint, *Fourcroy*, 105-107; Grattan-Guinness, 'French mathematical physics', 665-666.
46. Grattan-Guinness, 'French mathematical physics', 665-666.
47. Zie ook § 4.1.
48. In de literatuur heerst verwarring over het jaartal waarin de reductie van 3 naar 2 jaar plaatsvond. Shinn stelt dat de opleiding altijd 2 jaar duurde. Dit is zeker onjuist. Langins en Crosland beweren dat de cursusduur in 1797 met een jaar werd teruggebracht.  
Kersaint differentieert naar verschillende groepen studenten en stelt dat de wet van 16 december 1799 de definitieve reductie tot 2 jaar betekende.  
Kersaint, *Fourcroy*, 103-106; Crosland, *Gay-Lussac*, 15; Shinn, *Savoir scientifique*, 16; Langins, 'The decline of chemistry', 6.
49. Langins, 'une lettre inédite de Laplace', 168-169; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 163. Vgl. ook Bensaude-Vincent, 'A view of the chemical revolution', 452.
50. Smeaton, *Fourcroy*, 202-203; Bradley, 'facilities for practical instruction', 433-434; Langins, 'The decline of chemistry', 6-7.
51. Zie tabel 4.3.
52. Vrijwel alle chemiedocenten hadden directe banden met de industriële nijverheid. Chaptal was eigenaar van verschillende zwavelzuur- en sodafabrieken, Berthollet was directeur van de Gobelins-ververij, Fourcroy en Guyton waren betrokken bij de salpeterproductie voor het Franse leger en Pelletier produceerde in zijn 'chemische werkplaats' geneesmiddelen voor het Franse leger en de marine. Ook Vauquelin had een eigen chemische fabriek.
53. Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 229; Langins, 'The decline of chemistry', 5.
54. Langins, 'The decline of chemistry', 5.  
Vergelijk de opvallende gelijkenis met de filantropijnse denkbeelden van Wiegand (§ 3.2).
55. Zie hoofdstuk 5 en 6 over de practica 'speciale technische chemie'.

56. Dit is althans Croslands interpretatie met betrekking tot de cursus van Berthollet.  
Crosland, *Gay-Lussac*, 16; Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 230-231; idem, *Fourcroy*, 203. Zie voorts Langins, 'The decline of chemistry', 7-8.
57. Crosland, *Gay-Lussac*, 14-17; Langins, 'The decline of chemistry', 13.
58. Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 231; Bradley, 'facilities for practical instruction', 438-439, 444-446.
59. Gustin, 'German chemical profession', 114-115.
60. Na de reorganisatie van de school werd de cursus praktische chemie van 1804 tot 1809 gegevens door de 'répétiteurs' J.-J. Drappier (1775-?) en Gay-Lussac. Van 1809-1810 was Gay-Lussac (onbezoldigd) hoogleraar praktische chemie en van 1810-1811 was Thenard zijn opvolger.  
Smeaton, 'The early history of laboratory instruction', 232; Crosland, *Gay-Lussac*, 35, 39-40, 230; Langins, 'The decline of chemistry', 16, noot 37.
61. Shinn, *Savoir scientifique*, 34.  
Uit tabel 4.2 blijkt dat het totale aandeel van het chemisch onderwijs in het curriculum na 1816 licht steeg.
62. Bradley, 'facilities for practical instruction', 445 (mijn cursivering).
63. Thenard, *Traité de chimie*, 1ste druk, 4 delen (1813-1816). Vele drukken volgden.  
Het vierde deel (1816) was in die tijd een van de weinige systematische leerboeken op het gebied van de analytische chemie. Trommsdorff vertaalde dit deel in het Duits en gaf het uit onder de titel *Anleitung zur chemischen Analyse* (1817).
64. Verschillende Duitse polytechnische scholen voerden een vergelijkbare curriculumopbouw in. Meer nog dan in Parijs werd daar het tweedejaars practicum gekoppeld aan het onderwijs in de 'technische chemie' (en niet aan de 'algemene chemie'). Zie hoofdstuk 6.
65. Crosland, *Gay-Lussac*, 182, 230, 252-253.
66. Na 1815 was er een forse daling in het percentage leerlingen dat afkomstig was uit de sector 'business, commerce, artisans'. Zie Bradley, 'Scientific education for a new society', 22.
67. Fester, *Die Entwicklung der chemischen Technik*, 123; vgl. Köster, 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers', 39.
68. Zie hoofdstuk 7 en 9.
69. Geschreven omstreeks 1804 (cursive-ring in het origineel). Geciteerd naar Redondi, 'Nation et entreprise', 202.  
Zie voor Chaptals denkbeelden ook Bensaude-Vincent, 'A view of the chemical revolution', 447, 452-453. In Duitsland hingen Wiegand en Hermbstaedt vergelijkbare opvattingen aan (vgl. hoofdstuk 3).
70. Onder Napoleon werden de toelatingseisen voor de *École polytechnique* sterk aangescherpt. Naast grondige kennis van de wiskunde, eiste men voortaan ook kennis van het Latijn.  
Studiebeurzen voor minder bemiddelde leerlingen verdwenen.  
Shinn, *Savoir scientifique*, 24-27.
71. Chaptal, 'le perfectionnement des arts chimiques en France', 217-224.
72. Tresse, 'J.A. Chaptal', 167-172; Payen, 'the Conservatoire National des Arts et Métier', 98-104.
73. Weiss, *The making of technological man*, 79-82.
74. Chaptal, 'le perfectionnement des arts chimiques en France', 219-220.  
Vergelijk § 3.3 voor de situatie in Duitsland (Hermbstaedt).
75. Grattan-Guinness, 'French mathematical physics', 665-666; Shinn, *Savoir scientifique*; Weiss, *The making of technological man*, 17-25, 97-98, 115-116, 126-128, 157-174.
76. Zie de hoofdstukken 3, 5 en 6.

77. Voor een typologie van de Duitse polytechnische scholen, zie hoofdstuk 6.
78. Lundgreen, 'Fachschulen', 294-298; idem, 'Engineering education', m.n. 44-45; Zweckbrunner, *Ingenieurausbildung*, 39-40; Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 98; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 500. Vergelijk ook de discussie naar aanleiding van een voordracht van Manegold: Treue en Mauel, *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft*, I, 282.
79. Schot, *Maatschappelijke sturing*, 103-107.
80. Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 134.
81. Ook als men de geschiedenis van de Parijse school stileert tot de opeenvolging van twee 'ideaaltypen' en de Duitsepolytechnische scholen indeelt in vier ideaaltypen (hoofdstuk 6), is er geen goede 'match' tussen een van de twee Parijse 'modellen' en een van de vier Duitse.
82. Zie ook hoofdstuk 3 en 5.
83. Voor deze verandering in de didactiek en 'doelgroepen' van het Duitse polytechnische onderwijs, zie hoofdstuk 7.
84. De invloed van deze verschillen wordt systematisch geanalyseerd in Lundgreen, 'Engineering education'.
85. De eerste Duitstalige publicaties waarin vol bewondering over de *École polytechnique* geschreven werd, dateren reeds uit de jaren 1795-1800. Zie ook het ambitieuze plan dat Gerstner in 1798 opstelde (§ 3.3). Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 233-238; Bradley, 'facilities for practical instruction', 431-433. Zie verder de hieronder gegeven concrete voorbeelden.
86. Vgl. Gispén, *New profession, old order*, 37-38.
87. Schnabel, *Deutsche Geschichte*, III, 305-306.
88. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 23-24; Lang, 'Geschichte der Gründung', 269-272.
89. De onjuiste weergave van het onderwijs te Karlsruhe is bijvoorbeeld aan te treffen in: Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 27-28; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 18; Gispén, 'Technical Education', 107-108; Albrecht, *Technische Bildung*, 52. Vgl. echter de letterlijke tekst van het eerste schoolreglement weergegeven in Lang, 'Geschichte der Gründung', 275-278.
90. Vgl. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 24-28; en Purkert, 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technischen Wissenschaften', 344. Afgezien van het feit dat de polytechnische school te Karlsruhe, anders dan de school van Tulla ook voor de nijverheid opleidde, zou bovendien de school van Tulla in relatie tot de Franse 'voorbeelden' niet met de *École polytechnique* maar met de *École des Ponts et Chaussées* verleden dienen te worden.
91. Gehring, 'Pläne eines Stuttgarter Polytechnikums von 1817'; Zweckbrunner, *Ingenieursausbildung*, 36, 41, 44-50.
92. Manegold, 'Eine École Polytechnique in Berlin'; Schubring, 'Mathematics and teacher training'.
93. Zie hoofdstuk 3, 5 en 6.
94. Gerstner in Praag en Tulla in Karlsruhe lieten zich bijvoorbeeld door Monge's didactische ideeën inspireren. Schnabel, *Deutsche Geschichte*, III, 305-306; Folta, 'Geometrical schools'.



## Noten hoofdstuk 5

1. Voor berichten over deze Engelse dreiging uit Hannover, Württemberg en Saksen, zie: Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 38; Zweckbronner, *Ingenieursausbildung*, 55-56; en Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*, 24.
  2. Dingler, 'Einige Bemerkungen' (1825), 475.
  3. Zie hoofdstuk 6, tabel 6.1.
  4. Lipsmeier, 'Technik, allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik', 139-144.
  5. Vgl. Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 453; Zöllner, *Universitäten*, 59-60; Lipsmeier, 'Technik, allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik', 142-143; Zweckbronner, *Ingenieursausbildung*, 39; Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 133-134; Albrecht, 'Traditionalismus', 67; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 500.
  6. Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 126.
  7. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 38.
  8. Gollob, 'Frühgeschichte', 161.
  9. Zie § 3.3.
  10. Zie § 3.3. Vgl. ook Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 111.
  11. Voor de Duitse cursussen, zie § 3.2. Voor het Parijse *Conservatoire des Arts et Métiers*, zie § 4.3. Zowel naar deze Parijse school als naar de vergelijkbare Londense *Royal Institution* werd door Duitse onderwijshervormers regelmatig verwezen. Zie Haber, *The chemical industry*, 26, 29-30; Gollob, 'Frühgeschichte', 161, 165.
  12. Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 476. Vgl. tabel 5.1.
  13. Een belangrijke bron voor de eerste drie paragrafen vormt de biografie van Prechtel die Hantschk geschreven heeft.
- In mijn interpretatie van de ontwikkelingen in Wenen wijk ik echter regelmatig van zijn lezing af (bijv. m.b.t. het conflict tussen Prechtel en Meissner). Meer dan Hantschk heb ik geprobeerd de ontwikkelingen in Wenen te behandelen tegen de achtergrond van de geschiedenis van het polytechnische en het technisch-chemische onderwijs als geheel.
14. Voor de complexe voorgeschiedenis van het Weense polytechnische instituut, zie: Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 164-167; Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 275-281; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 15-21; Gollob, 'Frühgeschichte', 161-191; en Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 61-67, 99-130.
  15. Gollob, 'Frühgeschichte', 163-172; Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 102-103.
  16. Voor de Pruisische discussie, zie § 3.3.
  17. Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276-277; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 19; Gollob, 'Frühgeschichte', 173; Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 103.
  18. Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 104; Gollob, 'Frühgeschichte', 178.
  19. Over de discussies rond de invoering van het doctoraat in de chemie, zie Oberhammer, 'Chemie an der Universität Wien', 183-189; idem, 'Zur Geschichte der Chemie', 141-148, het gegeven citaat aldaar, p. 148. Vgl. ook Lemayer, *Verwaltung der österreichischen Hochschulen* (1878), 310.
  20. Lechner, 'Technische Hochschule Wien', 276; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien',

- 19; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 103.
21. Zo stelde hij in juni 1811 over het onderwijs aan het op te richten instituut: 'die Vorlesungen über chemische Technologie sollen nicht bloss für Seifensieder gehalten werden'. Gollob, 'Frühgeschichte', 162.
22. Gollob, 'Frühgeschichte', 176-178; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 113-114.
23. Voor Prechtls biografie, zie Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 25-91.
24. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 54.
25. J.J. Precht, *Ueber die Fehler in der Erziehung, vorzüglich in Hinsicht auf die gesellschaftlichen Uebel* (Braunschweig 1804). Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 46-47, 152-193, 410.
26. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 47-50, 194-207, 214-215, 223-228.
27. In 1811 kreeg Salm deze bezittingen in eigendom.
28. Zo was de wiskundige J.K.F. Hauff (1766-1846), die van 1808 tot 1811 directeur van de polytechnische school (*Realinstitut*) te Augsburg was geweest, van 1811 tot 1815 directeur van de mijnbouw-, bosbouw- en metallurgische bedrijven van Salm. Hauff werd later hoogleraar in de chemie te Gent. Een andere directeur, J. Arzberger (1778-1835), die vooral aan de ijzerfabrieken verbonden was, werd in 1816 de eerste hoogleraar werktuigkunde aan de Weense polytechnische school. De verdienstelijke chemicus en natuuronderzoeker K.L. Reichenbach (1788-1869), met Liebig bevriend, verbleef vanaf 1821 in Blansko en kreeg later de algemene leiding over de bedrijven.
29. In 1806 waren de 'Realschulen' in het Habsburgse rijk bij wet geregeld. De scholen in Triest en Wenen waren vóór 1810 de enige 'Realschulen' in het rijk. Een derde 'Realschule' werd in 1811 in Brünn opgericht.
- Rein, 'Österreichisches Schulwesen', 431-432; Knabe, 'Realschulwesen', 264; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 17; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 104; Bürger, 'Entwicklung des Mathematikunterrichts', 318, 323.
30. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 34.
31. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 36-37. Zie ook zijn hieronder te bespreken 'Gegenäusserung' uit 1813 tegen de bezwaren van Gerstner.
32. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 110-111.
33. Zie § 3.2; en Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, 86.
34. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 110-111, 113-114, 122-123.
35. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 39.
36. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 114; Lemayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 313, 321.
37. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 105-114.
38. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 107-108. Vgl. Precht, *Grundlehren der Chemie*, I (1813), iii-iv.
39. Hetzelfde didactische beginsel met betrekking tot het technisch-chemische onderwijs werd ook verdedigd in het schoolprogramma uit 1826 van de *Rensselaer (Polytechnic) School* (opgericht 1824). Van Klooster, '125 years of chemistry', 347.
40. Deze route was vergelijkbaar met de aanpak die Gerstner voorstond, behoudens de eliminatie van alle 'onnutte' onderdelen van de verschillende leervakken. Vgl. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 107-108.
41. Gollob, 'Frühgeschichte', 180; Precht, *Grundlehren der Chemie*, I (1813), II (1815).

42. Gollob, 'Frühgeschichte', 178.
43. *Vaterländische Blätter für den österreichischen Kaiserstaat*, IX (1816), Bd. 2, 547.  
Geciteerd in Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 293.
44. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 73; Gollob, 'Frühgeschichte', 179-180.  
Vgl. ook Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht', over de keizer als patroon van het onderwijs in de 'speciale technische chemie'.
45. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, II (1815), v-viii.
46. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, I (1813) en II (1815).  
Vgl. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 292.
47. In het voorwoord van Prechtls tweede deel komt de term 'specielle technische Chemie' nog niet voor (wel de omschrijving van de inhoud). De term duikt het eerst op op de titelpagina van Meissners *Die Araometrie* (1816) (voorwoord gedateerd januari 1816).
48. De werken van beide chemici worden vele malen in Prechtls *Grundlehren der Chemie* genoemd.
49. Chaptal, *Chimie appliquée aux arts*, I (1807), lii-liiii; idem, *Die Chemie*, I (1808), xxvii-xxviii (bij de uitgave van deze Duitse editie was Hermbstaedt betrokken).
50. Met betrekking tot de naamgeving sloot Prechtl zich mogelijk aan bij de onderverdeling in een 'allgemeine Technologie' en een 'spezielle Technologie' die in 1806 door Beckmann was geïntroduceerd (zie § 3.1). Beckmanns geschriften en het daarop voortbouwende technologische leerboek van Hermbstaedt (1814) worden in Prechtls literatuurlijst genoemd. Ook is er een grote overeenstemming tussen de comparatieve methodologie van Beckmanns 'allgemeine Technologie' en de wijze waarop Chaptal zijn (algemene) 'Chimie appliquée aux arts' zag.
- Vgl. Chaptal, *Chimie appliquées aux arts*, I (1807), xii-xiii.
51. Thenards leerboek kende hij nog niet. Het verscheen in dezelfde tijd (1813-1816) als het boek van Prechtl. De hybride bedrijfstakgewijze-disciplinaire indeling van de technische chemie van Weigel (1777), Wiegleb (1781) en Gmelin (1786) (vgl. § 3.1) noemde Prechtl wel, maar hij legde deze indeling niet aan de organisatie van de leerstof ten grondslag. Op dat punt volgde hij, met vele modificaties, eerder Chaptal.  
Vgl. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, I (1813), 5.
52. Een duidelijke illustratie vormen ook de latere technisch-chemische leerboeken van de Weense docenten Karmarsch (1823) en Scholz, die beide door Haupt als gewone algemeen-chemische leerboeken werden beschouwd.  
Scholz, *Lehrbuch der Chemie* (1824-25); Haupt, *Deutschsprachige Chemie-lehrbücher*, 357-359.
53. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, II (1815), vi-vii; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 292.
54. Ieder gedeelte over een bepaalde bedrijfstak sloot Prechtl af met een vermelding van zijn belangrijkste bronnen. Het leerboek van Chaptal en F. Hildebrandts, *Encyclopädie der gesammten Chemie* (1799-1812) werden daarbij vaak genoemd. Extra literatuur werd nog apart vermeld.  
Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, I (1813), x-xi; idem, II (1815), ix-xxvi.  
Vgl. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 107-109, 276.
55. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, II (1815), vii.  
Deze taak werd doorgeschoven naar prof. Meissner en zou later de bron van conflicten vormen (§ 5.3).
56. Prechtl, *Grundlehren der Chemie*, I (1813), iii-iv.
57. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 62-

64. Vgl. § 3.2.
58. Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon*, biografie van J.J. Steinmann; Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 71. In 1815 had men, als in Wenen, de polytechnische school reeds losge-maakt van de Praagse universiteit (§ 3.3).
59. Zie hoofdstuk 6.
60. Pas aan het begin van de twintigste eeuw zorgde de opkomst van de 'chemical engineering' in de Verenigde Staten er voor het eerst voor dat een aparte discipline en een aparte be-roepsgroep ontstonden, los van de chemie en de klassieke, descriptieve technologie. Zie Krug, 'Entwicklungsgeschichte'; Guédon, 'Conceptual and institutional obstacles'.
61. Wurzer, 'Die Stellung der Techni-schen Hochschule Wien', 19-21; Gollob, 'Frühgeschichte', 182-190; Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 126-130, 448.
62. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 113.
63. Gollob, 'Frühgeschichte', 182-190.
64. Gollob, 'Frühgeschichte', 183. Vgl. ook Meissner, *Justus Liebig* (1844), 29-34.
65. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 146.
66. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 30-31.
67. Gollob, 'Frühgeschichte', 189; Se-quenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien*, II, 210; Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 116, 326, 334.
68. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht'.
69. Voor dit concept van 'nuttige verbindingen', zie Chaptal, *Chimie appli-quée aux arts* (1807), liii; Thenard, *Traité de chimie* (1817-1818); Kar-marsch, 1823, zie Haupt, *Deutsch-sprachige Chemielehrbücher*, 357-358. Vgl. ook Multhaus, *history of chemi-cal technology*, 16.
70. Scholz, *Lehrbuch der Chemie*, 2 dln. (1824-1825).
71. Zie Thenard, *Traité de chimie* (1817-1818); en idem, *Traité de chimie* (1829-1830).
72. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht'.
73. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht'.
74. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 364. Vgl. Precht, *Grundlehren der Chemie*, II (1815), vii.
75. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht'; Hantschk, *Johann Jo-seph Precht*, 337.
76. Precht in zijn 'Gegenäusserung' tegen Gerstner (1813). Zie Hantschk, *Jo-hann Joseph Precht*, 107-108.
77. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 337; Stecher, 'Pharmazeutische Tech-nik', 184-189; en de biografieën in Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon* en in de *Deutsche Apotheker-Biogra-phie*.
78. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819), 'Vorbericht'.
79. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 327-328.
80. Een uitvoerig maar partijdig en op sommige punten onjuist verslag van het verloop van deze en andere con-flicten tussen Meissner en Precht is te vinden in het boek van Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 293, 320-343.
81. P.T. Meissner, *Handbuch der allge-meinen und technischen Chemie*, 5 delen in 8 banden (Wenen, 1819-1833).  
De genoemde examens werden wel degelijk afgenomen (Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851)). Ik heb niet kunnen achterhalen welke leerstof daaraan ten grondslag lag. Meissner zelf ontkende overigens (ook later nog) dat hij zich niet aan de voorschriften zou hebben gehouden.  
Zie Meissner, *Justus Liebig* (1844), 33.
82. Meissner, *Anfangsgründe*, I (1819),

- 'Vorbericht'.
83. Meissner, *Anfangsgründe* (1819), 'Vorbericht'; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 328.
  84. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 332.
  85. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 326-334, 336, 338-339.
  86. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 71, 140, 339.
  87. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 43-44; Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 332-333.  
Het feit dat Joss in 1838 een speciaal boekje over de bierbrouwerij publiceerde, wijst ook op bedrijfstakinggericht onderwijs.
  88. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851).
  89. Miles, 'James Curtis Booth', 141.
  90. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 34.
  91. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 368.
  92. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 368, mijn cursivering.
  93. Zie hoofdstuk 9.
  94. Zie bijlage C voor de studentenaantallen aan de andere polytechnische scholen. Gegevens uit de beginperiode (1815-1830) zijn alleen voor Wenen bekend. Enkele schattingen met betrekking tot de andere scholen staan worden vermeld in hoofdstuk 6.
  95. Strikt genomen zijn de getallen voor de technische afdeling en het bezoek van het chemie-college niet geheel met elkaar te vergelijken, daar in het collegebezoek ook de toehoorders begrepen zijn.
  96. Spree, *Wachstumstrends*. Vgl. ook Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 132.
  97. Vgl. Lundgreen, 'The organization of science and technology', 314-315.
  98. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 369.
  99. Hieruit kunnen we concluderen dat er zeer weinig leerlingen waren die zich specifiek voorbereidden op de leerlooierij. Van de 54 examens werden er immers 38 door de 'technisch-chemische generalisten' gedaan. Ook onder de resterende 16 examinandi kunnen nog personen voorgekomen zijn die daarnaast nog een ander examen aflegden.
  100. Bidermann, *technische Bildung* (1854), 123.  
Vgl. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 77 en 89.
  101. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 117; Voigt, 'Lehre', 48-50.
  102. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 226; zie ook Voigt, 'Lehre', 51.
  103. Zie hoofdstuk 9.
  104. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 128.

## Noten hoofdstuk 6

1. McClelland, *State, society, and university*, 93-106; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 11; Turner, 'Universitäten', 221-228.
2. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens'; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 26-33, m.n. 32-33; Manegold, 'Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik', 383-387; Albrecht, *Technische Bildung*, 42 en 45-47.  
Deze historiografische traditie wordt besproken in: Troitzsch, 'Technisches Schulwesen', m.n. 35; König, 'Stand und Aufgaben', m.n. 48, 56-57; idem, 'Literature', m.n. 25; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 499-504.
3. Wehler, *Deutsche Gesellschaftsge-*

- schichte*, II, 499. Zie ook § 3.3.
4. In Praag en in Wenen werden bijvoorbeeld tot na 1850 de technologie, de landbouwkunde en de 'Kameralchemie' aan de universiteit gedoceerd. In Heidelberg en Freiburg i/B was hetzelfde het geval met de technologie, de technische chemie, de 'Kameralchemie' en de land- en bosbouwkunde (de laatste drie vakken mogelijk tot omstreeks 1830).
  5. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 52-53.
  6. Voor de geleidelijke teruggang van de technische vakken in het onderwijsaanbod van de Duitse filosofische faculteiten (cijfers vanaf 1841), zie: Conrad, *Das Universitätsstudium*, 135-136, 149-153; Stichweh, *Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen*, 462-471. Vgl. ook Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 13; König, 'Stand und Aufgaben', 51, 53.
  7. Lundgreen, 'Fachschulen'. Voor de situatie in Oostenrijk en Baden, zie de bespreking van de polytechnische scholen van het 'Weense type' in § 6.1.
  8. Wel was er in sommige kleinere Duitse staten om financiële redenen ook na 1815 weinig differentiatie tussen beide typen instellingen. Zo functioneerde de Thüringse universiteit te Jena eigenlijk ook als de polytechnische school voor dat deel van Duitsland. De hoogleraar chemie Doeberiner schreef bijvoorbeeld verschillende boekjes voor practici (over de azijnbereiding, de bierbrouwerij e.d.) en richtte in 1833 een groot technisch-chemisch laboratorium in (naar het voorbeeld van de Londense *Royal Institution*). Gutbier, *Goethe*, 21-22; Döbling, *Chemie in Jena*, 94-96, 117-118, 141-152; Prandtl, 'Johann Wolfgang Doeberiner'; Schmitz en Stecher, 'Pharmazeutische Technologie', 672; Meinel, 'Döbereiner', m.n. 42.
  9. Zie § 3.3. Voor de gevolgen van de Restauratie op het natuurwetenschappelijke en technische onderwijs in de overige Duitse staten, zie Knabe, 'Realschulwesen', 268-271; Jeismann, 'Schulpolitik', 109; Schubring, 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer', 210, 218-219. Vgl. ook hoofdstuk 7.
  10. Weihrich, *Beiträge*, 18-19; Pohl, 'pharmazeutischen Privat institute', 90-93.
  11. Voor deze ontwikkelingen na 1830, zie hoofdstuk 7.
  12. Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819); (von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827); Pfisterer, *Der Polytechnische Verein*, 178-189.
  13. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 140; Gispén, 'Technical Education', 80-84; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 44.
  14. Zie § 4.4 en de bijlagen D en E.
  15. Het best gedocumenteerd is de Pruisische nijverheidsbevordering die door Beuth vanuit Berlijn in gang werd gezet. Lundgreen, *Techniker in Preussen*.
  16. Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 39. Vergelijk ook Landes, *unbound Prometheus*, 150-152, 348; König, 'Stand und Aufgaben', 53-54; en Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science' (330, 340), die in dit verband wijst op de activiteiten van de patriottische en wetenschappelijke genootschappen in de achttiende eeuw.
  17. Zie bijlagen D en E.
  18. Vgl. Schödlér, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 119-120; Lipsmeier, 'Auseinandersetzungen', 921-922; Troitzsch, '(poly-)technische Zeitschriften', 333; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 40-41.
  19. Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, m.n. 13-34.
  20. Zie tabel 6.2.

21. Het gaat hier om accentverschillen. Pas na 1830 werd de grens tussen beroepsvoorbereiding en beroepsopleiding scherper getrokken. Vgl. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 7-12.
22. Zie § 3.3 over de Beierse 'Real-Institute'.
23. Ook verschillende andere scholen die tussen 1800 en 1830 werden gesticht voldeden bij benadering aan de drie genoemde kenmerken. Ik heb die scholen niet in tabel 6.1 opgenomen, omdat ik geen eigentijdse bronnen aantrof waarin de naam 'polytechnische school' in hun verband werd gebruikt. Voorbeelden zijn: de *Kgl. Handelschule* te Berlijn (1803), het *Philotechnisches Lehrinstitut* van Christoph Bernoulli te Bazel (1806), de *Höhere Gewerbe- und Handelsschule* te Maagdenburg (1819), de *städtische Gewerbeschule* te Berlijn (1824) en het *Realinstitut* te Brunswijk (1825).
24. Pfisterer, *Der polytechnische Verein*, 178-183; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschulen*, 108-113.
25. Bauernfeind, 'Johannes Scharer', 603-604.
26. Over de 'Mechanics' Institutes' zie Shapin en Barnes, 'Science, nature and control'.
27. Over de zondags- en tekenscholen, zie: Pfisterer, *Der Polytechnische Verein*, 178-183; Harney, 'Fortbildungsschulen'; Jeismann en Lundgreen, *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte*, 341-349; Lipsmeier, 'Technik, allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik', 140-141.
28. Tot na 1850 bleef men in Leipzig overigens het deeltijdonderwijs dat door de plaatselijke *polytechnische Gesellschaft* werd georganiseerd aanduiden met de naam 'polytechnische Schule'.
29. Zie hoofdstuk 7.
30. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 30; Riedner, 'Technische Hochschule München', 226; Kastner, 'Die Technische Hochschule', 12; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 38-39, 44; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 500.
31. Geciteerd naar Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 39.
32. Genie-officieren werden overigens in Wenen aan een aparte *Ingenieur-Academie* opgeleid. Vgl. Meissner, *Justus Liebig*, 24.
33. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61, 284; Wefeld, *Ingenieure aus Berlin*, 102.
34. Zie § 5.2.
35. Zie bijv. het adviesprogramma voor werktuigkundigen te Stuttgart (1840) waarin de chemie was opgenomen maar niet verplicht was gesteld. Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 257-259.
36. (Von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827), 623. Voor de beroepen waarop de 'Real-Institute' zich bijvoorbeeld richtten, zie hoofdstuk 3.
37. Respectievelijk Berlijn 1832 (Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61); Hannover 1831 (Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 50) en Dresden 1838 (Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 9).
38. Vgl. de beroepsclassificatie van Jung-Stilling (§ 3.1), waarin de beroepen in 'chemische Gewerbe' en 'mechanische Gewerbe' werden onderverdeeld.
39. Bijvoorbeeld in Stuttgart. Voigt, 'Lehre', 55; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 257.
40. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 127.
41. (Von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827), 624; Gehring, 'Pläne eines Stuttgarter Polytechnikums von 1817', 406.
42. *Festgabe zum Jubiläum*, Ixix. Vgl. Schnabel, 'Anfänge des technischen

- Hochschulwesens', 34.
43. Over de eerste schreden op het pad van de 'professionalisering' (Lowood) van deze twee beroepen (met eigen genootschappen en eigen opleidingsinstituten), zie: Lowood, 'Patriotism, profit and the promotion of science', 9-10, 274-282, 299-326, 337-340.
  44. Zie de hoofdstukken 7 en 9; en Lundgreen, 'Fachschulen', 298; idem, 'Engineering education', m.n. 41-46.
  45. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 128; Simon, *Die Fachbildung*, 728-730; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61, 131, 147, 152-153, 284-285.
  46. Gollob, 'Frühgeschichte', 183.
  47. Meissner, *Die Araeometrie* (1816), v; idem, *Anfangsgründe*, II (1820), vii; idem, *Chemische Aequivalenten- oder Atomenlehre*, Wenen 1834, titelpagina; Scholz, *Lehrbuch der Chemie*, I (1824), viii.
  48. B. Scholz, *Chemische Rechenstab*, Wenen 1822, titelpagina.
  49. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 107-108, 121 (citaat). Vgl. ook het onderwijs dat Hermbstaedt vanaf 1801 in Berlijn gaf (§ 3.2); en Binder, 'Auszug aus der Rede' (1823).
  50. Meissner, *Die Araeometrie* (1816), xi. Over Wiegleb en Hermbstaedt, zie § 3.2.
  51. Bijvoorbeeld in de uitdrukking: 'die Hauptabsicht des Chemikers [ist es ...] die Einfache Stoffe ... zu erforschen' Meissner, *Anfangsgründe*, 'Vorbericht', 3, 8-12 (citaat op pag. 3).
  52. Gispén, *New profession, old order*, 38-43; Lundgreen, 'Fachschulen'. Zie ook hoofdstuk 9.
  53. Zie § 8.5.
  54. Vgl. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 121.
  55. Eigen onderzoek, ongepubliceerd. Vgl. ook Meinel, 'Artibus academicis inserenda'.
  56. Zo schreef Berzelius in een brief aan Wöhler (1824): 'Der Bedarf an guten Chemikern in Preussen ist gross und die Stellen sind zahlreich ...'. Wallach, *Briefwechsel* (1901), I, 23. Vgl. ook brieven van Wurzer (1821) en Liebig (1821). Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 426; Berl ed., *Briefe von Justus Liebig* (1928), 30; Holmes, 'Liebig's laboratory', 123.
  57. Zo gingen in 1817 en 1828 de oprichting van polytechnische scholen in Stuttgart en Berlijn, die beide met een lerarenopleiding verbonden zouden worden, niet door (bijlage E). Wel startte de Pruisische overheid in 1825 een seminarie aan de universiteit te Bonn, waar leraren in de wiskunde en de natuurwetenschappen werden opgeleid. Schubring, 'the Bonn natural sciences seminar'.
  58. Zie de brief van kapitein Müller (1829/30) over de benoeming van Karmarsch te Hannover. Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 40-41; zie ook Manegold, 'Entwicklung', 289.
  59. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 77.
  60. Voigt, 'Lehre', 22-23.
  61. Zie bijlage F.
  62. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 335. Vgl. ook Meissner, *Anfangsgründe* (1819), 'Vorbericht'; en Meissner, *Justus Liebig* (1844), 28-29.
  63. Van de 39 hoogleraren chemie in Duitsland waren er in 1800 34 verbonden aan een medische faculteit. Daarna daalde dit aandeel snel: in 1810 29 op 41 leerstoelen; in 1820 17 op 34 leerstoelen; en in 1830 16 op 41 leerstoelen. Eigen onderzoek, ongepubliceerd, en Meinel, 'Artibus academicis inserenda'.
  64. Zie § 3.1.
  65. Bijvoorbeeld te Jena (Göttling).
  66. Bijlage F. Voor 3 personen (Joss, Leo, Vogel) was het niet mogelijk volledige gege-



- vens betreffende hun opleiding te verkrijgen. Omdat sommigen (Erdmann, Ficinus, Von Ittner, Juch) meerdere opleidingsroutes combineerden is de som van de gepresenteerde getallen hoger dan 22.
67. Van 16 belangrijke Duitse chemici geboren na 1735, hadden er 8 een medische, 7 een farmaceutische en slechts 1 een andere (nl. metallurgische) vooropleiding.  
Hufbauer, *German chemical community*, 54 (table 10). Vgl. ook Gustin, 'German chemical profession', 39.
  68. Zie ook hoofdstuk 8.  
De Berlijnse docent chemie en fysica E.L. Schubarth bedankte Beuth bijvoorbeeld in 1833 voor de hem na (!) zijn aanstelling (1821) geboden mogelijkheden zich 'für den neuen Beruf auszubilden'.  
Schubarth, *Handbuch der technischen Chemie*, 3e druk, I (1839), v.
  69. Gollob, 'Frühgeschichte', 184.
  70. Hantschk, *Johann Joseph Prechtel*, 331.  
Anders dan in Duitsland werden er in Oostenrijk veel minder scholen opgericht waar chemie gedoceerd werd. De behoefte aan leraren was zodoende kleiner.
  71. Bijv. Crosland, 'The development of a professional career', 148-154; Zie echter hoofdstuk 4; en Morrell, 'Professionalisation', 986.
  72. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 13.
  73. Bijlage F.
  74. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 224; Zweckbronner, 'Die Ingenieurwissenschaften', 192.
  75. Slechts vier (Schweigger, Prechtel, Vogel, Erdmann) van de 22 docenten komen voor op de door Bastiaan Willink opgestelde lijst van 'toponderzoekers'. Willink, 'Burgerlijk scientisme', 487-559. Zie ook hoofdstuk 9.
  76. Zie: Poggendorff, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch*; Hamberger, *Das gelehrte Teutschland* (1796-1834); Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon*; en Gorzny (bearb.), *Gesamt-Verzeichniss*.
  77. De titulatuur van de (hoog)leraren aan de polytechnische scholen was in iedere staat verschillend. In Oostenrijk waren de docenten van de polytechnische school in rang gelijk aan de hoogleraren van de filosofische faculteit (d.w.z. van een lagere rang dan de hoogleraren in de drie 'Brotwissenschaften') en droegen de titel professor. In andere Duitse staten was, tot ongeveer 1850, de titel professor veelal niet automatisch verbonden met het docentschap aan een polytechnische school. Wel kregen vele docenten, afhankelijk van het aantal dienstjaren of van bijzondere verdiensten, de rang van 'professor' op persoonlijke titel.  
Door mij worden in dit hoofdstuk de termen docent, leraar en hoogleraar doorgaans zonder verschil in betekenis gebruikt.
  78. Het *Journal der Chemie und Physik* was, indirect, de voortzetting van Crells *Chemische Annalen* (zie § 2.2).
  79. Ermee rekening houdend dat 20% überhaupt niet publiceerde in de periode van hun aanstelling.
  80. Berlijn en Augsburg, zie tabel 6.4; Dresden: Rudolph, 'Wechselwirkungen'; Stuttgart: Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 225.
  81. Voor Wenen en Praag, zie tabel 6.4; München, zie bijlage D.  
In 1825 was men van plan in Karlsruhe alleen een college 'technische Chemie' te geven (tabel 6.4). Toen Charles Gerhardt van 1831 tot 1833 in Karlsruhe studeerde volgde hij in het eerste jaar onderwijs in de algemene chemie en de mineralogie, en in het tweede jaar een speciale cursus technische chemie. De algemene chemie en de mineralogie vormden misschien een deel van de cursus 'technische Natur-

- geschiedte' die in het programma van 1825 wordt genoemd (tabel 6.4). Ook kan het zijn dat het programma tussen 1825 en 1831 werd uitgebreid. Zie Grimaux en Gerhardt, *Charles Gerhardt*, 15-19; Ost, 'Die chemische Technologie', 659; Reusch, *Lebensmittelüberwachung*, 375.
82. Haupt, *Deutschsprachige Chemie-lehrbücher*, m.n. 357-359, 364. Zie ook hoofdstuk 5.  
Hoewel deze boeken overeenkomen wat betreft de indeling van de stof en de wijze waarop de chemie benaderd wordt, verschillen ze wel sterk in omvang. Sommige auteurs (Thenard, Scholz) pretenderen vrijwel alle chemische kennis samen te vatten, terwijl anderen slechts een globaal overzicht wilden bieden.
  83. Vgl. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 120.
  84. De biografie van Steinmann in Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon*; Ost, 'Die chemische Technologie', 659.
  85. Het schoolprogramma omschreef de inhoud van het onderwijs in de technische chemie als 'die Anwendung der Chemie auf Gegenstände unseres Bedürfnisses und auf eizelne Gewerbe, Eigentümlichkeit und Gebrauch der Produkte, Theorie ihrer Fabrikation, Kostbarkeit der verschiedene Darstellungsarten'. Op basis van leerlingbiografieën blijkt dat met die 'einzelne Gewerbe' vooral de textiel- en lederindustrie zijn bedoeld.  
Simon, *Die Fachbildung*, 729; Damm, *Die Technischen Hochschulen*, 13; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 131.
  86. Zie § 6.2.
  87. Laufer, 'Das bayerische Brauwesen', 290.
  88. Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 585-586.
  89. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 135; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 226.
  90. Zie hoofdstuk 7 over deze belangrijke ontwikkeling.
  91. Vgl. Meissner, *Anfangsgründe* (1819), 'Vorbericht'.
  92. Vgl. Schubarth, *Handbuch der technischen Chemie*, 3e druk (1839-1840).
  93. Dit was bijvoorbeeld de primaire functie van het laboratorium voor algemene technische chemie te Wenen. Buiten de college-uren werd het ook door studenten gebruikt.  
Gollob, 'Frühgeschichte', 186; Wurzer, 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien', 13; Kastner, 'Die Technische Hochschule', 184.
  94. Bijv. Stuttgart (Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 225) en Neurenberg, gebouwd (1828/9) (Bauernfeind, 'Johannes Scharrer', 607).
  95. Lockemann, 'Der chemische Unterricht'.  
Over het laboratorium van Fr. Stromeyer te Göttingen, zie hoofdstuk 8.
  96. Gollob, 'Frühgeschichte', 183; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 225; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61; Grimaux en Gerhardt, *Charles Gerhardt*, 15-19; Rudolph, 'Wechselwirkungen'; Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 48-50; Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 56-57; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 38, 44, 51, 57, 63, 69, 87, 93.
  97. Op dit punt week volgens de Neurenbergse wiskundige en kameralist F.B. Hermann, die een bezoek aan beide polytechnische scholen bracht, het onderwijs in Praag af van dat in Wenen. Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 350.
  98. Zie de in hoofdstuk 4 beschreven opvattingen van Fourcroy. Vergelijkbare ideeën werden ook door J.W. Doeberiner, hoogleraar scheikunde te Jena, aangehangen.  
Döbling, *Chemie in Jena*, 202.
  99. Turner, 'Justus Liebig', 137-138.

- Zie ook hoofdstuk 9 over de strijd van Liebig tegen deze opvatting.
100. Albrecht, *Technische Bildung*, 52.
  101. Namelijk in Brunswijk van 1835 tot 1846 onder de verantwoordelijkheid van F.J. Otto (in 1846 werden de leerstoelen weer samengevoegd) en in Hannover van 1831 tot 1840 onder de verantwoordelijkheid van F. Heeren (ook hier een samenvoeging van leerstoelen, in 1840).  
Zie bijlage D en de daar genoemde literatuur.  
In de jaren 1850 en 1860 kwam de leiding van het practicum vrijwel overal in handen van de (hoog)leraren *algemene chemie* (zie hoofdstuk 9).
  102. Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 48.  
Zie ook het boven gegeven citaat van Meissner waarin het verwerven van 'praktische vaardigheden' met het onderwijs in de speciale technische chemie in verband wordt gebracht.
  103. Simon, *Die Fachbildung*, 728-729; Damm, *Die Technischen Hochschulen*, 13-14; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 147-148, 150.  
Zie ook de beschrijving van het practicum van de *Rensellaer (Polytechnic) School* in 1826.  
Van Klooster, '125 years of chemistry', 347.
  104. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 120.
  105. Bijlage D.
  106. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61.
  107. Zie hoofdstuk 7.
  108. Voor deze keuze vooraf, zie het voorbeeld van Stuttgart waar de studenten bij hun inschrijving hun toekomstige beroep dienden op te geven.  
Voigt, 'Lehre', 32, 41, 54-55, 126; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 75, 84, 91.
  109. Zie § 5.4.  
Het meest is bekend over de latere beroepen van de assistenten voor de chemie. Enkel van hen kwamen in de nijverheid terecht. Zo werd Ignaz Pach, de eerste assistent chemie in Wenen (1815-16), directeur van de 'Rosoglofabriek'.  
Zie voorts: Bidermann, *technische Bildung* (1854), 123.
  110. Alleen Lundgreen geeft biografische bijzonderheden van enkele blekers en ververs die studeerden aan het Berlijnse *Gewerbe-Institut*.  
Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 140-141, 148-149, 152-153, 156-161, 167, 210-212, 227-238, 273-278.
  111. De inschrijvingsregisters van de school geven pas vanaf 1849 gespecificeerde gegevens m.b.t. de beroepsrichting van de studenten, uitgesplitst naar de globale categoriën 'Mechaniker', 'Chemiker' en 'Bauhandwerker' (Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 114, 125). Uit dit register blijkt dat in 1849 13,4% van de studenten als 'Chemiker' te boek stond en in 1855 (een 'topjaar') 24,5 % (idem, 127).  
Lundgreen had voor een deel van de studenten ook gegevens m.b.t. de periode vóór 1849. Daaruit blijkt dat van de 52 leerlingen die in deze steekproef zitten voor de jaren 1821-1833 er 10 tot 'chemische beroepsrichtingen' gerekend kunnen worden (*Bleicher, Färber, Drucker, Chemiker, Gerber*). Voor de gehele periode 1821 - 1850 zijn deze aantallen 131 resp. 30 (idem, 116 en 131).  
Hieruit volgt mijns inziens dat de schatting dat 20% van de studenten in de 'Suprema' voor een 'chemisch beroep' koos een redelijke aanname is. Omstreeks 1830 had de school 60 leerlingen, waaruit volgt dat de 'Suprema' maximaal 20 leerlingen telde. 20% hiervan is het genoemde getal vier.
  112. Karlsruhe: uitgesplitste studentenaantallen zijn bekend vanaf 1832/33. Tussen 1832 en 1838 waren er steeds ca. 15 studenten in de 'Höhere Gewerbeschule'.

le'. Gaan we uit van een tweejarige studieduur, dan betekent dat er per jaar ca. 8 studenten de opleiding beëindigen. De 'mechanische' beroepen zijn hier echter bij inbegrepen! Stuttgart: zie bijlage C. De daar gegeven cijfers zijn echter waarschijnlijk te hoog, zoals uit een andere bron blijkt

(Borst, *Schule des Schwabenlands*, 169). Bovendien geeft de tabel de 'Frequenz' weer, dus de totale aantallen voor alle studie jaren in een bepaalde richting.

Hannover: zie bijlage C.

113. Grimaux en Gerhardt, *Charles Gerhardt*, 14-30.

## Noten hoofdstuk 7

1. Geciteerd naar Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 47. Vgl. Viefhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 67.
2. Zie over de revolutie van 1830 en de 'Vormärz': Borst, *Schule des Schwabenlands*, 11-41; Rürup, *Deutschland im 19. Jahrhundert*, 147-170; en Nipperdey, *Deutsche Geschichte*, 366-402; over de liberale en constitutionele beweging Schnabel, *Deutsche Geschichte*, II, 71-89, 223-234; en Nipperdey, *Deutsche Geschichte*, 272-300; en over de economische ontwikkeling o.a. Spree, *Wachstumstrends*; en Henning, *Industrialisierung in Deutschland*.
3. Over de *École centrale des Arts et Manufactures* zie vooral: Weiss, *The making of technological man*.
4. De Franse term 'ingénieur civile' correspondeert met het Duitse woord 'Techniker', en niet met het Nederlandse 'civiel-ingenieur'. Het gaat niet om specialisten op het gebied van de weg- en waterbouwkunde, maar om technici voor het particuliere (civiele) bedrijfsleven.
5. Weiss betoogt dat het ontstaan van een maatschappelijk herkenbare groep van 'ingénieurs' ('technological men') in feite het gevolg was van de oprichting van de *École centrale*. Weiss, *The making of technological man*, m.n. 96.
6. Zie hoofdstuk 4.
7. Voor het citaat van Chaptal, zie § 4.3.
8. Henri de Saint-Simon rekende - vergelijkbaar met Chaptal, Monge en Prechtel - de arbeiders, fabrikanten, ingenieurs en wetenschapsmensen allen tot één 'productieve klasse', die tegenover de adel, de geestelijkheid, de beambten en de politici stond. Zijn leerling Comte nam deze opvatting echter niet over, evenmin als de oprichters van de *École centrale* dat deden. Weiss, *The making of technological man*, m.n. 52 en 89-96.
9. Geciteerd door Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 508. Vergelijk ook de opvatting van de wiskundige A.L. Crelle dat de algemene (zuivere) wiskundige nuttiger zou zijn dan de speciale (toegepaste) wiskunde. Schubring, 'Mathematics and teacher training', 180.
10. Het genoemde tijdschrift *Le Globe* hoorde bijvoorbeeld tot Goethes lievelingslectuur. In Berlijn spande Alexander von Humboldt zich in om de Parijse vernieuwingen ingang te doen vinden. Borst, *Schule des Schwabenlands*, 29; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 173-176.
11. Voor 1802 [mijn cursivering], zie

Hermbstaedt, *Grundriss der Färbekunst* (1807), vii. Voor 1850, zie Simon, *Die Fachbildung*, 730-734; en Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 62, 66-69.

12. Deze typering is ontleend aan het beeld dat Bud en Roberts schetsen voor de vergelijkbare transformatie die in Engeland plaatsvond.  
Bud en Roberts, *Science versus practice*, hoofdstuk 2; en idem, 'Chemistry', 22-23.
13. Weiss, *The making of technological man*.
14. Bijvoorbeeld in Karlsruhe in 1808 ('höheres technisches Gewerbe') en 1825 ('höheren Gewerben') en in München in 1827 ('höheren technischen Vor- und Ausbildung').  
Lang, 'Geschichte der Gründung', 272, 281; (Von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827), 623.
15. Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 46-47; Glubrecht, 'Karl Karmarsch', 212-213; Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 16; Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*, 28; Gispén, 'Technical Education', 73. Vgl. ook de opmerking van de Pruisische onderwijsminister Altenstein uit januari 1831, dat 'der gegenwärtige Zeitpunkt nicht geeignet' was om met de Koning over de oprichting van een 'polytechnische school' te spreken.  
Schubring, 'Mathematics and teacher training', 176, n. 68.
16. Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft', 39-44; Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 108-110, 195-203.
17. Pogingen tot vernieuwing werden halfslachtig, of in het geheel niet doorgevoerd. Na 1848 leefde in Boemen sterk het besef dat men een grote achterstand op het Duitse polytechnische onderwijs had opgelopen.  
Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), m.n. 126; Le-mayer, *Verwaltung der Österreichischen Hochschulen* (1878), 315, 320-321; Bihl, 'Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens', 168; Henrich, 'Deutsche Technische Hochschule Prag', 246-247.
18. Met uitzondering juist van het chemische onderwijs in Wenen (zie hoofdstuk 9).
19. Voor de hier niet behandelde, maar zeer vergelijkbare discussies over en reorganisaties van het technische en gymnasiale onderwijs in Hannover, Brunswijk, Württemberg en Hessen-Darmstadt, zie: Manegold, 'Technik, Staat und Wirtschaft'; Albrecht, 'Traditionismus'; Voigt, 'Lehre'; Lipsmeier, 'Auseinandersetzungen'; en Vieffhaus, 'Hochschule - Staat - Gesellschaft'.  
Voor vergelijkbare ontwikkelingen in Frankrijk, zie Belhoste, 'l'enseignement secondaire scientifique'.
20. Over deze ontwikkelingen in Beieren en de effecten ervan op de Duitse discussie, zie: Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 93, 106-115; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 106-108; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 79-86.
21. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 89-94; Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, hoofdstuk 7; Kraul, *Das deutsche Gymnasium*, 56-66.
22. Pas omstreeks 1860 zou het studenten-aantal blijvend boven de 12000 komen en pas in 1872 werd het aantal van 16000 studenten weer bereikt.  
Conrad, *Das Universitätsstudium*, 11-23, bijlage: tabellen I en II; Eulenburg, *Die Frequenz*, 162-164, 253-257, 302-305; Wehler, *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, II, 511-515; Titze, *Das Hochschulstudium*, 26-28.
23. Conrad, *Das Universitätsstudium*, 16-23; Eulenburg, *Die Frequenz*, 254-257; Wehler, *Deutsche Gesellschafts-*

- geschiede, II, 511-514; Lundgreen, 'Konstituering des 'Bildungsbürgertums', 87-92; Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 155.
24. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 113, 116-117; Krätz, *Faszination Chemie*, 114. Vergelijkbare bezwaren werden in Nederland in 1863 ingebracht tegen de oprichting van de HBS. *Derde Gedenkboek*, 3-4.
  25. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 112.
  26. Kraul, 'Bildung und Bürgerlichkeit', 51-52; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 113-122; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 82; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 108.
  27. Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, 58-60, 63-65, 70-75; Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 108-115. Voor een algemeen overzicht voor de 'conservatieve reactie' op het gebied van het onderwijs na 1815, zie Knabe, 'Realschulwesen', 267-271.
  28. Voor onderstaande weergave, zie vooral: Riedner, 'Technische Hochschule München'; en Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 108-132.
  29. Bauernfeind, 'Johannes Scharrer'; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 82.
  30. Geciteerd in Riedner, 'Technische Hochschule München', 226; Vgl. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 112.
  31. Bauernfeind 'Johannes Scharrer'; (Von Kobell) 'Bekanntmachung' (1827); Von Utzschneider 'Bekanntmachung' (1827); Riedner, 'Technische Hochschule München', 226-227; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 112-113.
  32. Fraunhofer en Reichenbach waren beiden in 1826 overleden.
  33. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 44.
  34. Riedner, 'Technische Hochschule München', 228. In 1819 had de tekenleraar Hermann Mitterer reeds een vergelijkbaar standpunt verdedigd. Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819).
  35. (Von Kobell), 'Bekanntmachung' (1827). Reeds in 1828 en 1829 halveerde de Beierse regering de aanvankelijk ambitieus geplande schooltijd van 6 jaar tot 6 semesters, zonder het Von Utzschneider toe te staan voortaan alleen leerlingen van 15 jaar en ouder toe te laten. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 113, 115.
  36. Riedner, 'Technische Hochschule München', 229; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 113-114.
  37. Decreet van 7 februari 1829, geciteerd in Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 590. Vgl. ook Riedner, 'Technische Hochschule München', 228.
  38. Uit een rapport van een Augsburgse schoolcommissie, dat in augustus 1829 verscheen. Geciteerd in Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 590.
  39. Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 21; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 113-132. Vgl. ook Zierl, 'Ueber polytechnische und Gewerbschulen' (1832).
  40. Zijn ideeën over een 'technische universiteit' werkte Utzschneider nader uit in een rapport van 14 oktober 1831. Riedner, 'Technische Hochschule München', 228-229; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 118-120.
  41. Bauernfeind, 'Johannes Scharrer', 610; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-82; Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 120.
  42. Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 21-22; Laufer, 'Gewerbliches Schulwesen', 584-586, 590-591; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-

- 83.
43. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 140.
44. Buchinger, *Geschichte der bayerischen Realschule*, 123, 128-130, 132-156; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 81-83.
45. De terminologie komt uit het uitvoeringsbesluit van 1836. Beieren had een achttal 'Lyzeen', die dezelfde status hadden als de universitaire filosofische fakulteiten. Net als de laatste hadden ze een propedeutische functie, voor de studie aan een theologische, juridische of medische faculteit. Het Beierse 'Lyzeum' vertoonde een zekere gelijkenis met het Nederlandse zeventiende, 18de en 19de eeuwse 'Atheneum illustre'. Müller, 'Der bayerische 'Sonderweg''', 263-266.
46. Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), m.n. 48-54.
47. Schöler, *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts*, 115-117. Op grond van de toen in Duitsland niet ongebruikelijke retoriek om al het atheïstische en materialistische kwaad aan Franse invloeden toe te schrijven, mogen we overigens niet concluderen dat natuurwetenschappen en techniek in het middelbare onderwijs in dat land een belangrijker positie innamen dan de klassieke talen. Het tegendeel was het geval. Belhoste, 'l'enseignement secondaire scientifique', 7-20.
48. Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*, 26, 29-36; Feige, 'Industrial revolution', 60-61.
49. Doel was het overdragen van kennis die voor een 'vernunft-gemässen Gewerbebetrieb' noodzakelijk was. Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*, 31. De leeftijdsklasse van de leerlingen op de Saksische 'Gewerbeschulen' correspondeerde overigens met die van de leerlingen op de Beierse 'Polytechnische Schulen'.
50. Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 9. Over de reorganisaties te Dresden, zie Hülse, *Die Königliche polytechnische Schule* (1853); Reuther, 'Technische Hochschule Dresden', 139; Sonnemann et. al., *Technischen Universität Dresden*, 29-37; Feige, 'Industrial revolution'; en Rudolph, 'Wechselwirkungen'. Net als in Beieren gingen de feitelijke veranderingen in het onderwijs in Dresden langzamer dan op basis van de wettelijke bepalingen zou worden vermoed. Nog in 1862 was het onderwijs in de mechanische werkplaats een onderdeel van het curriculum. Vgl. Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 55-56, 59.
51. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 37-39, 43-48; Gispén, *New profession, old order*, 27-32.
52. Mede door de tegenwerking van Beuths Handelsdepartement raakten de pogingen tot oprichting van een polytechnisch instituut in 1836 definitief in het slop. Manegold, 'Eine École Polytechnique in Berlin', 189-194; Schubring, 'Mathematics and teacher training', 173-186.
53. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 60-64, 284-285; Gispén, *New profession, old order*, 35; Ruske, 'Geschichte der technischen Chemie', 162.
54. Ook hier liepen deze programmatische bepalingen vooruit op de feitelijke vorming van een klasse van 'eigenlijke Techniker'. De reorganisaties van 1849/50 sloten de overgangperiode af. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61-62.
55. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 91-92.
56. Schubring, *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs*, 99; *Chemiker Zeitung*, 1882, 654; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 38-42, 56-58; Gispén, *New profession old order*, 24-28.

57. Over de initiatieven van de Landdag na de Julirevolutie, zie Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 29-30; Gispén, 'Technical Education', 80.
58. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 31; Gispén, 'Technical Education', 82-83.
59. Voor een beschouwing over de relatie tussen de politieke en sociale condities in een land en de keuze voor een bepaalde structuur van het technische onderwijs, zie Lundgreen, 'Engineering education'.
60. Lang, 'Geschichte der Gründung', 284-287.  
In het voetspoor van Schnabel hebben velen beweerd dat de schoolstructuur in Karlsruhe een kopie was van het Franse systeem, waarbij de twee mathematische klassen zouden corresponderen met de *École polytechnique* en de 'Fachschulen' met de 'écoles spéciales'. Het Franse voorbeeld werd in Baden in 1832 echter niet rigoreus doorgevoerd. De verschillen in mathematische vooropleiding tussen de afdelingen waren ook in 1862 nog niet verdwenen.  
Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 24-39. Vgl. ook § 4.4; en Lundgreen, 'Fachschulen'.
61. Ook in Pruisen bestonden naast de Provinzial-Gewerbeschulen zogenaamde Realschulen. Deze vormden evenwel geen exclusieve route tot het Gewerbe-Institut.  
Voor een uitvoerige analyse van Nebenius' maatschappijvisie zie Gispén, 'Technical Education'.
62. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 33.  
Deze opvatting was reeds bij de oprichting van de polytechnische school te Karlsruhe in 1825 door de wiskundige Lodomus (1824) en de Badense overheid naar voren gebracht. Lang, 'Geschichte der Gründung', 281-282; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 39-40.
63. Schödler gaf in 1847 een uitvoerige sociale legitimatie voor de structuur van het technische onderwijs. Daarin speelde het verschil tussen 'nijverheidstechnici' en 'staatstechnici' geen rol meer. De cruciale onderscheidingen waren die tussen de 'Techniker' en de 'Künstler', tussen de 'Techniker' en de 'Gelehrten', en tussen de 'höhere Techniker' en de 'Handwerker'.  
Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 1-8.
64. Gispén, 'Technical Education', 89, zie ook 83-87.
65. De term 'höhere Gewerbeschule' hanteerde Schödler ook als een synoniem voor de term 'technisches Lyzeum' (of 'technische Mittelschule').  
Zie: Schödler, *Die höheren technische Schulen* (1847), 8-25, 99-101.  
De indeling in twee typen is, evenals mijn indeling in vier typen in hoofdstuk 6, uiteraard gestileerd. Geen enkele Duitse polytechnische school leek in alle opzichten op een andere. Schödler was zich het ideaal-typische karakter van zijn indeling goed bewust.
66. Schödler, *Die höheren technischen Schulen*, 101.  
Schödler vermeldde de school in Hannover niet, omdat hij deze school niet bezocht had. Het programma in Hannover was sterk naar dat van de Weense school gemodelleerd, inclusief de vrije vakkenkeuze. Technici voor de hogere staatsfuncties werden in het koninkrijk Hannover evenwel aan de universiteit te Göttingen opgeleid. Zie: Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844).
67. Zie verder § 9.1.
68. Zie bijlage D en de daarin aangehaalde literatuur.
69. Alleen in Leipzig bleef de avondschool van de *Polytechnische Verein* nog die naam voeren.



70. Vgl. ook Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 8-9.
71. Vooral in het Badense stelsel vond dit onderscheid zijn institutionele weer-  
slag. Elders ontbrak het echter niet. In  
Pruisen, Saksen en Beieren verwees  
de 'dubbele' functie van de 'Gewerbe-  
schulen' naar het bestaan van beide  
groepen.
72. Schöler, *Geschichte des naturwissen-  
schaftlichen Unterrichts*, 92.
73. A. Uhde, *Die höhere technische Lehr-  
Anstalt oder die technische Abtheilung  
des herzoglichen Collegii Carolini zu  
Braunschweig nach Zweck, Plan und  
Einrichtung* (Braunschweig 1836),  
geciteerd in Schneider, 'Aus 200  
Jahren', 22-23.
74. Vgl. hoofdstuk 9; Schacht, *Zweck und  
Einrichtung*, (1843), 12-13; en Schöd-  
ler, *Die höheren technischen Schulen*,  
26.
75. Conze, 'Beruf'.
76. Hilger en Hölscher, 'Industrie, Ge-  
werbe', 280-283: 'Die Trennung von  
'Industrie' und 'Gewerbe' mit dem  
Durchbruch der Fabrikindustrie'.
77. Het meest uitvoerig genalyseerd door  
Kocka en de studies in de door hem  
geïnitieerde onderzoekstraditie. Zie  
Kocka, *Unternehmensverwaltung*;  
idem, 'Angestellter'; idem, *Die Ange-  
stellten*; Kaelble, *Industrialisierung*,  
74-89.
78. Kocka, 'Bürgertum und bürgerliche  
Gesellschaft', I, 20-24.
79. Gispén, 'Technical Education', 80-88.
80. Vgl. Lundgreen, 'Fachschulen'.

## Noten hoofdstuk 8

1. Recente studies over de chemische  
revolutie zijn: Perrin, 'The chemical  
revolution'; Donovan ed., *The Chemi-  
cal Revolution*; Perrin, 'Chemistry as  
peer of physics'; Donovan, 'Lavoisier  
as chemist'; Melhado, 'On the histo-  
riography of science'; en Bensaude-  
Vincent, 'A view of the chemical  
revolution'.  
Voor de oudere opvatting, zie bijvoor-  
beeld: Wurtz, *Histoire des doctrines  
chimiques* (1869); Ladenburg, *Vort-  
räge* (1869); en Butterfield, *The ori-  
gins of modern science*.
2. Een uitzondering is: Holmes, *Eigh-  
teenth-century chemistry*.
3. Ook Bernadette Bensaude-Vincent  
concludeerde onlangs, op basis van  
andere overwegingen, dat 'mere adhe-  
rence to the new doctrine stemming  
from the chemical revolution' geen  
voldoende voorwaarde was voor de  
institutionalisering en standaardisering  
van de 'chemische praktijk' (d.w.z.  
beroepsuitoefening en daarop voorbe-  
reidende curricula). Bensaude-Vincent,  
'A view of the chemical revolution',  
m.n. 436 en 454.
4. Holmes spreekt van de *longue durée*  
van de traditionele laboratoriumprak-  
tijk, gedurende welke apparatuur en  
procedures weinig veranderden.  
Holmes, *Eighteenth-century chemistry*.
5. Omstreeks 1830 bouwde men zulke  
laboratoria nog wel, echter niet meer  
als algemene chemische laboratoria  
maar specifiek als 'technisch-chemi-  
sche' (zie § 6.4).  
Een voorbeeld is het technisch-chemi-  
sche en 'pyrochemische' laboratorium  
dat in 1832/33 te Jena voor prof. J.W.  
Doebereiner werd gebouwd. Dit be-  
stond naast een analytisch-chemisch  
laboratorium.  
Döbling, *Chemie in Jena*, 94, 141-  
153; Gutbier, *Goethe*, 22.
6. Wurtz, *Les hautes études pratiques*  
(1870). Het citaat staat op p. 7. Het

- manuscript werd maart 1869 afgesloten.
7. Voor een afbeelding en beschrijving van dit laboratorium, zie bijvoorbeeld Schmauderer, 'Chemiatraker', 153-154; of Bettex, *De ontdekking der natuur*, 35.  
Beide auteurs citeren in dit verband een editie van het tractaat van Becher uit 1719, uitgegeven door F. Roth-Scholz. Het oorspronkelijk tractaat dateert uit 1681.
  8. Gee, 'Amusements chests', 40-44; Niinistö, 'Analytical instrumentation', 215; Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 170-171.
  9. Gee, 'Amusement chests', 40; Golin-ski, 'Peter Shaw', 21.
  10. Henry, *An epitome of chemistry* (1802), iii-iv, 15, 131-212; Farrar, Farrar en Scott, 'The Henrys', 40-42; Gee, 'Amusement chests', 40-44; Schimank, 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung', 250-252; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 48, 173-174; idem, *Bibliographie*, 35-36.
  11. Thenard dateerde de 'take-off' van de analytische chemie omstreeks 1785. Thenard, *Traité de chimie*, 1ste druk, IV (1816), 1-2.  
Voor een overzicht van de geschiedenis van de analytische chemie, zie Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*. Zie voorts: Snelders, 'Schets'; Niinistö, 'Analytical instrumentation'; Porter, 'The promotion of mining'; en recent over de invloed van Bergman en Rouelle: Beretta: 'T.O. Bergman'; Lundgren, 'New Chemistry in Sweden', 153; Gago, 'New Chemistry in Spain', 171-172.
  12. Niinistö, 'Analytical instrumentation', 215.
  13. De relatief simpele analytische laboratoriumtechniek in de traditie van Bergman en Scheele kreeg een veel grotere verbreiding onder de beoefenaars van de praktische chemie dan de geavanceerde fysische experimentele methoden waarvan Lavoisier zich in zijn laboratorium bediende. Zijn ballons en gazometers, die nog te bewonderen zijn in het *Conservatoire des Arts et Métiers*, vertegenwoordigen een geheel andere laboratoriumpraktijk dan die van het 'draagbare laboratorium'.  
Vgl. Niinistö, 'Analytical instrumentation', 213.
  14. Over de samenhang tussen groei van de mijnbouw en de opkomst van de chemische analyse, zie Porter, 'The promotion of mining'.
  15. Sage, *Analyse chimique* (1786), I, viii.  
De beweringen van Szabadváry dat Götting het eerste analytisch-chemische leerboek schreef (1790) en dat Lampadius de eerste was die (in 1801) de term 'analytische chemie' gebruikte (1801) zijn beide onjuist. Reeds vóór 1790 bestonden er in Frankrijk analytisch-chemische leerboeken, waarvan, naast het boek van Sage, H.-M. Rouelle's, *Tableau de l'analyse chimique; ou procédés du cours de chimie* (Parijs 1774) een voorbeeld is. In Duitsland werd de term 'analytische Chemie' al in 1790 door Hermbstaedt gebruikt (zie § 8.3). Vgl. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 170-171.
  16. Zo zette O.B. Kühn zijn eis dat staatsartsen een eigen chemisch laboratorium zouden moeten inrichten kracht bij door te wijzen op de geringe kosten die daarmee verbonden waren. Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), x.
  17. Een voorstander van de traditionele laboratoriuminrichting, zeker voor scholen, was bijvoorbeeld Michael Faraday.  
Faraday, *Chemical Manipulation* (1827), 11-12.  
Vergelijkbare opvattingen huldigde Samuel Parkes, de auteur van de wijd verbreide *Chemical Catechism*, die in

- 1822 het rijk van ovens voorziene laboratorium van de Londense *Surrey Institution* aanprees als model voor nog te bouwen laboratoria (zie Gee, 'Amusement chests', 45). Ook in Duitsland had dit voorbeeld invloed. Zie: *Das Laboratorium*, Heft 27 (1831/2), Tafel CVIII.
18. F.C. Accum, *Chemical amusements*, 4e druk (Londen 1819), xxi, geciteerd door Gee, 'Amusements chests', 45. Over Accum zie Browne, 'The life and chemical services'; idem, 'Recently acquired information'; en Cole, 'Friedrich Accum'.
  19. Gee, 'Amusement chests', 51. Vgl. Bud, 'The discipline of chemistry', 207.
  20. Gee, 'Amusement chests', 48-55; Fenby, 'The lectureship', 31-32; Bud, 'The discipline of chemistry', 206-209. Voor Duitsland, zie § 8.3.
  21. Ook 'cognitief', want de vereenvoudigde experimenten op kleine schaal dienden niet alleen goedkoop, maar ook betrouwbaar te zijn en resultaten op te leveren die zinvol geïnterpreteerd konden worden in het licht van de chemische theorie.
  22. Zie hoofdstuk 2 waar is uitgelegd dat de chemie van origine een 'productieve kunst' was, gericht op het maken van geneesmiddelen en andere stoffen. Vgl. ook de beschrijving van het universiteitslaboratorium te Erlangen omstreeks 1800 in Schleebach, *Die Entwicklung*, 41-47.
  23. Hufbauer, *German chemical community*, 231, 255-256.
  24. Zie § 5.3.
  25. Calvert, *The mechanical engineer*; Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*, m.n. 8-10; Gispén, *New profession, old order*, m.n. 9-10, 37, 60-66; idem, 'Engineers in Wilhelmian Germany'; Lundgreen, 'Engineering education'.
  26. Wel dreigde de introductie van de nieuwe chemische nomenclatuur te zorgen voor een groeiende kloof tussen de theoretisch geschoolden en de in de praktijk gevormde 'chemische ambachtslieden'. De Franse scheikunde hoogleraar en fabrikant Chaptal waarschuwde voor de in zijn ogen nadelige gevolgen die dit zou hebben voor de communicatie tussen arbeiders en geleerden.  
Bensaude-Vincent, 'A view of the chemical revolution', 447.
  27. Een uitzondering vormden de Pruisische apothekers. Vanaf 1725 werd er een onderscheid gemaakt tussen stads-apothekers, die één jaar in Berlijn op school moesten gaan, en de volledig in de praktijk gevormde plattelands-apothekers (zie onder). In de andere Duitse staten bestond zo'n onderscheid niet.
  28. Zie § 8.6.
  29. Dit verschil in schaal tussen het (analytisch) chemische laboratorium en de 'fabriek' bestond niet alleen ten opzichte van de zwavelzuurfabrieken e.d., maar ook ten opzichte van het traditionele apothekerslaboratorium (zoals O.B. Kühn in 1829 nadrukkelijk onderstreepte). Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), xv.  
Voor de invoering (vanaf 1800) in de chemisch-farmaceutische produktielaboratoria van stoomtechnieken voor verwarming, destillatie en verpulvering, zie Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 93-96.
  30. Een van de eersten die dit probleem nadrukkelijk aan de orde stelde was Chaptal, die zelf producent van onder andere soda en zwavelzuur was. Bensaude-Vincent, 'A view of the chemical revolution', 452-453.
  31. In 1909 kwam dit onderscheid tussen twee soorten apothekers in Frankrijk te vervallen.  
Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 16-18.
  32. Voorbeelden zijn de cursus die A.F. Duflos vanaf ongeveer 1833 te Breslau

- gaf en de privé scholen van F.W. Schweigger-Seidel te Halle (vanaf 1829), E. Witting te Hörter (1834) en L.C. Marquart te Bonn (vanaf 1838). De apothekers 1ste klas bezochten de Berlijnse universiteit.
33. Possehl, 'Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Aspekte', 673-674, 1650-1651; Stürzbecher, 'Aus der Geschichte', 1096-1097; Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 10-12, 17; Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulen*, 16-17; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 176; Schumacher, *Entwicklungstendenzen*, 47-48; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 238-240.
  34. Vgl. §§ 8.4, 9.4 en 9.7. Zie ook: Trommsdorff, *Anleitung zur chemischen Analyse* (1817), v-vi; Du Mènil, *Leitfaden zur chemischen Untersuchung*, I (1829), iii, vi en II (1829), vii, x; Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), viii, xii-xiii.
  35. Vergelijk Lintsen over het onderscheid tussen een 'segment' en een 'nieuw beroep'. Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*, 9.
  36. Meyer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), 114. De Duitse editie kwam enige jaren daarvoor uit.
  37. Voor de nauwe wisselwerking tussen de ontwikkeling van de chemische kennis en de geschiedenis van de chemische analyse, zie bijvoorbeeld Snelders, 'Schets'; Porter, 'The promotion of mining'; Siegfried, 'The Chemical Revolution', 49; en Perrin, 'Research traditions', 61, 77.
  38. Fresenius, *Handleiding bij kwalitatieve scheikundige ontleding* (1843), 2. Vgl. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), 4-5: '(dass die quantitativen Analyse) die Chemie erst zur Wissenschaft gemacht hat'.
  39. Een vergelijkbare situatie deed zich aan het einde van de jaren 1830 op het gebied van de organisch-chemische analyse voor, toen chemici van heinde en verre naar Liebig in Giessen trokken om daar de vaardigheden in de door hem ontwikkelde technieken op te doen. Zie § 9.6.
  40. Voor de geschiedenis van het analytisch-chemische onderwijs in Freiberg, zie Seifert, *Wilhelm August Lampadius*, 57-66, 73, 75.  
Vroege Duitstalige leerboeken die ontstonden in de context van de mineralogie en mijnbouwkunde, waren: C.F.A. Hochheimer (1749-1825), *Chemische Mineralogie, oder vollständige Geschichte der analytischen Untersuchung der Fossilien* (Leipzig 1792-1793); idem, *Handbuch der chemischen Praxis, für Apotheker, Mineralogen und Scheidekünstler* (Leipzig 1792); en W.A. Lampadius, *Handbuch der chemischen Analyse der Mineralkörper* (Freiberg 1801).
  41. In Frankrijk werd, naast de docimasie, de chemische analyse van bronwaters en planten reeds in het midden van de achttiende eeuw gedoceerd door chemici als Macquer, Baumé en G.F. Rouelle. Partington, *A history of chemistry*, 73, 76; Christie en Golinski, 'The spreading of the word', 250.
  42. Frank duidde deze zorg voor de volksgezondheid - en de medische subdiscipline die de wetenschappelijke bestudering van de vraagstukken op dit terrein ter hand nam - aan met de term 'medische politie'. Over Frank en over de relatie van zijn denken met dat van de kameralisten, zie Rosen, 'Entwicklung der sozialen Medizin', 78-90; en Rohlf, *Die medicinischen Classiker*, II, 127-211.
  43. Over de invloed van Frank op de hervormingsbeweging onder de apothekers en, indirect, op de opkomst van de chemische analyse van levensmiddelen, medicijnen en drink- en bronwater, zie: Gustin, 'German chemical profession', 56-60; Götz, 'Verhältnis zwischen Pharmacie und

- Staat', 2328-2329; Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 63-97, 126-139; Wiegert, *Anfangsprobleme*, 4-19; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 20, 175-181.
44. Over de laat-achttiende en vroeg-negentiende eeuwse Duitse chemische industrie, zie Speter, 'Chymische Fabriken'; Jacob, *Chemische Vor- und Frühgeschichte*; Vershofen, *Die Anfänge*; Wankmüller, 'Die Anfänge'; Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 11-15, 25-36.
  45. Gustin, 'German chemical profession', 57-61, 69-70; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 12, 14-16; Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (I), 1635-1636. Trommsdorff hield er overigens een ruimer, niet slechts door standsbelangen bepaald, standpunt op na. Hij pleitte voor een grote staatsinvloed op de gezondheidszorg en voor een efficiënte taakverdeling tussen de chemische fabrieken en de apotheken. Zijn stadgenoot en collega C.F. Bucholz nam veel krachtiger stelling tegen de opkomende chemische industrie. Götz, 'Verhältnis zwischen Pharmacie und Staat', 2330-2332; Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 45-46.
  46. Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 44-45.
  47. Dat de opkomst van de farmaceutische industrie niet de enige oorzaak was blijkt wel uit het feit dat toen ook de vervalsing van levensmiddelen een veel besproken thema werd. Wiegert, *Anfangsprobleme*, 4-19; Reusch, *Lebensmittelüberwachung*, 2-14, 38-40.
  48. Vgl. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 170-174; en Schumacher, *Entwicklungstendenzen*, 39-41, 103, 191-193; Stieb, *Drug adulteration*, m.n. 16-24. Hahnemann (1755-1843), de latere grondlegger van de homeopatie, was toen Med. Dr. te Dresden. Zijn boek was een Duitse bewerking van J.B. van den Sande, *La falsification des médicaments dévoilée* (Den Haag en Brussel 1784). Schaub, die zowel arts als apotheker was, leidde in Kassel een chemisch instituut. Rüde was apotheker te Kassel. Beiden waren als lid van het Collegium Medicum verantwoordelijk voor de geneesmiddelenvoorziening in Hessen.
  49. Bijvoorbeeld in W.H.G. Remer, *Lehrbuch der polizeilich-gerichtliche Chemie* (Helmstedt 1803); J.W. Knoblauch, *Von den Mittel und Wegen, die mannichfaltigen Verfälschungen sämmtlicher Lebensmittel ausserhalb der gesetzlichen Untersuchung zu erkennen, zu verhüten, und wo möglich wieder aufzuheben* (Leipzig 1810); Ch. H. Th. Schreger, *Handbuch zur Selbstprüfung unserer Speisen und Getränken nach ihre Güte und Aechtheit* (Neurenberg 1810); en vooral in Accum, *A treatise on adulterations of food, and culinary poisons* (1820). Zie: Wiegert, *Anfangsprobleme*, 9, 15-16, 18-21; Browne, 'The life and services', 1027-1034; Snelders, *Hoofdstukken*, 1ste druk, 93-96, m.n. 94; Schwarz, 'Das pharmazeutische Examen', 43; Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 85.
  50. Deze instituten waren in veel opzichten vergelijkbaar met de school die F.C. Accum van 1800 tot 1820 in Londen bezat. Zie ook § 3.2. Voor informatie over de curricula, zie Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 43, 50-51, 77-82, 191-195.
  51. Dat de term toen niet gebruikelijk was blijkt wel uit het feit dat Hermbstaedt het in zijn lesplan uit 1790 nodig vond om er, anders dan bij de andere vakken, een omschrijving te geven: 'Analytische Chemie: hierunter verstehe ich die besondre Anleitung, noch unbekannte Körper chemisch zu analy-

siren, wobey zugleich die Probierkunst, und metallurgische Chemie, praktisch durchgearbeitet wird.'

Pohl, 'pharmazeutischen Privatinsti-  
tute', 191.

Voor zijn werk op het gebied van de analyse van plantaardige verbindingen, vanaf 1795, zie Engel, 'Aus der Frühgeschichte', 13.

52. Een tweede druk van Göttlings boek verscheen in 1802 onder de titel *Praktische Anleitung zur prüfende und zerlegende Chemie*. Trommsdorff noemde dit boek van Göttling, Lampadius' *Handbuch der chemischen Analyse* (1801) en Johns *Geöffnetes Laboratorium* (1808-14) de drie belangrijkste Duitse leerboeken op het gebied van de analytische chemie. Trommsdorff, *Anleitung zur chemischen Analyse* (1817), iii. Vgl. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 170-174.
53. De feitelijke uitvoering van de analyses werd overigens vaak uitbesteed aan een apotheker. De Leipziger chemie-docent O.B. Kühn hekelde deze situatie in 1829 en stelde dat alleen de chemisch opgeleide arts deze analyses zou mogen uitvoeren. Wiegert, *Anfangsprobleme*, 15-17, 20-22; Reusch, *Lebensmittelüberwachung*, 38-39, 131-135, 251-253; Schumacher, *Entwicklungstendenzen*, 38-41, 231-235, 240; Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), xv-xxi.
54. In sommige staten ging het daarbij om een groot deel van de medici. Na de hervorming in Beieren van de openbare gezondheidszorg in 1808 kregen ongeveer de helft van alle academisch gevormde artsen een staatsbetrekking. Probst, 'Das Medizinalwesen', 62.
55. Lockemann en Oesper, 'Friedrich Stromeyer'; Henrich, 'Zur Geschichte'. Zie voorts hieronder (in § 8.3).
56. In 1795 had Trommsdorff al wel docimasie onderwezen. Wankmüller, 'Matrikeln der Universität Landshut-München, 1801-1820'; Götz, *Johann Bartholomäus Trommsdorff*, 238-239.
57. In dezelfde tijd was ook het (poly)-technische onderwijs sterk in beweging. Zie hoofdstuk 6, m.n. tabel 6.1.
58. Wankmüller, 'Die Anfänge', m.n. 268.
59. Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (I), 1639-1640.
60. Voor een overzicht, zie Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 44-64.
61. Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 51-52, 61.
62. Participanten in die discussie waren onder andere J.A. Buchner, hoogleraar farmacie en toxicologie te Landshut (1818), E.W. Martius, docent farmacie te Erlangen (1819) en C.G. Nees von Esenbeck, voormalig docent botanie te Erlangen (1819). Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 53-54, 62, 65; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinsti-  
tute', 165; Götz, 'Verhältnis zwischen Pharmacie und Staat', 2333; Schmitz en Thomas, 'Philip Lorenz Geiger', 2167; Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (II), 16-17. De vroegste voorschriften in officiële farmacopee's met betrekking tot het gebruik van reagentia stammen uit Fulda (1787), Lippe (1792/94) en Nederland (1805). Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 85, 95-96; en Bierman, *arsenijmengkunde*, 107-108, 146, 157, 293-294.
63. Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 237-238.
64. Bijvoorbeeld in Bohemen de *Bestimmung der Medizinalartikel, welche den chemischen Fabriken zu erzeugen und zu führen gestattet sind* (Praag 1818).
65. Ganss, 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie', 39; Lockemann en Oesper, 'Friedrich Stromeyer', 203; Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (II), 6; Schuma-

- cher, *Entwicklungstendenzen*, 48; Huhle-Kreuzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 54, 62-63.
66. Possehl, 'Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Aspekte', 674-675.
  67. Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (I), 1635-1644; en idem (II), 12-19. Vgl. ook Gustin, 'German chemical profession', 151-152.
  68. Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (I), 1637, 1640; en idem (II), 12-19.
  69. Een voorschot daarop had het *Kultusministerium* reeds genomen door in het op 1 december 1825 afgekondigde *Reglement für die Staatsprüfungen der Medizinalpersonen* een praktisch examen in het chemisch-analytische geneesmiddelenonderzoek te eisen. In augustus 1825 had het Ministerie van Binnenlandse Zaken de apothekers naar voren geschoven als de deskundigen bij uitstek in toxicologische en forensisch-chemische zaken. De gevolgen van de rivaliteit tussen de beide ministeries voor de besluitvorming op dit terrein zijn nooit onderzocht. Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 11-12; Wiegert, *Anfangsprobleme*, 17; Hickel, 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker' (III), 1837-1839.
  70. Huhle-Kreutzer, *arzneilicher Produktionsstätten*, 47-50, 56, 62, 65; Hickel, *Arzneimittel-Standardisierung*, 11-12, 85-87, 89, 136, 195-199, 204-207.
  71. Oostenrijk was de eerste staat die, in 1804, voor de apothekers een verplichte eenjarige studie aan een universiteit invoerde. Het onderwijs bestond evenwel voornamelijk uit het volgen van colleges chemie en botanie. Een practicum analytische chemie werd, voor zover bekend, vóór 1848 niet ingevoerd. Particuliere chemisch-farmaceutische instituten ontbraken in Oostenrijk eveneens. Egglmaier, 'Deutsche pharmazeutische Institute'.
  72. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', m.n. 195-202. Voorts Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute', 639, 673-674; Abe, 'Die Pharmazeuten-Ausbildung', 167; Gustin, 'German chemical profession', 117; Stecher, 'Pharmazeutische Technik', 213-220.
  73. Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute', 638.  
De Berlijnse universiteit komt in Wankmüllers overzicht niet voor. Vanaf de instelling van de zogenaamde *Direction für das pharmazeutische Studium* in 1829 lagen de aantallen daar echter veel hoger dan aan de andere Duitse universiteiten. Tussen 1830 en 1834 registreerden zich (wanneer we de wettelijk voorgeschreven eenjarige studieduur aannemen) alleen al in Berlijn meer dan 500 farmaciestudenten. (Verschillende studenten schreven zich langer in. Bij een tweejarige gemiddelde inschrijvingsduur wordt het aantal studenten 250). In 1852 studeerde 40% van alle Duitse universitaire farmaciestudenten aan de Berlijnse universiteit. Stürzbecher, 'Beitrag zur Geschichte', 725-732; idem, 'Aus der Geschichte', 1096-1101; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 176.
  74. Van de tussen 1800 en 1808 in München geëxamineerde apothekers had 33,3% een universiteit en 13,3% een privé-instituut bezocht. Voor de periode 1809-1817 waren deze getallen 83,3% resp. 6,4%. Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 172-175, m.n. 174; Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulinstitute*, 16; Wankmüller, 'Pharmazeutische Privatinstitute', 675-676; Schwarz, 'Das pharmazeutische Examen', 44, n.1.
  75. Van de regelmatig verkondigde bewering dat Fuchs reeds vanaf 1807 praktisch onderwijs gaf, heb ik geen bevestiging gevonden. Ik volg vooral

- Prandtl's biografie.  
 Prandtl, 'Johann Nepomuk Fuchs', m.n. 138; Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulinstitute*, 268-270; Boehm en Spörl ed., *Die Ludwig-Maximilians-Universität*, II, 167-168; Schumacher, *Entwicklungstendenzen*, 231-235, 310-315; Lockemann, 'Der chemische Unterricht', 154; Wankmüller, 'Matrikeln der Universität Landshut-München, 1801-1820', 1140.
76. Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulinstitute*, 99-101; Kilian, *Die Universitäten Deutschlands* (1828), 361, 367; Wankmüller, 'Die Anfänge des Apothekerstudiums in Erlangen', 1256-1258.  
 Reeds Hildebrandt publiceerde in 1803 ten behoeve van zijn 'toehoorders' een handleiding voor de analyse van bronwaters. Ook doceerde hij 'Chemia practica'. Ik heb niet kunnen vaststellen of dit een college was over de praktische chemie, of een echt practicum.  
 Schleebach, *Die Entwicklung*, 33-34, 38, 46, 48-52; Wankmüller, op. cit..
77. Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulinstitute*, 335; Wankmüller, 'Die Anfänge des Apothekerstudiums zu Würzburg'.
78. Zijn leerboek uit 1784 bevatte reeds een handleiding voor het uitvoeren van chemische analyses.  
 Suckow, *Anfangsgründe* (1784), xi-x, 563-ff.
79. Wöbke, 'Leopold Gmelin', 212-213; Kilian, *Die Universitäten Deutschlands* (1828), 154-155, 158; Thomas, *Die Pharmazie*, m.n. 41-42, 114, 117, 157-158; Wankmüller, 'Matrikeln der Universität Heidelberg von 1800-1830', 702, 704.
80. Algemene, maar niet op alle punten betrouwbare overzichten van de start van het universitaire praktisch-chemische onderwijs in Duitsland geven:
- Henrich, 'Zur Geschichte'; Lockemann, 'Der chemische Unterricht', 148-158; Seifert, *Wilhelm August Lampadius*, 73-75; Schleebach, *Die Entwicklung*, 53-54; en Pohl, 'pharmazeutischen Privat Institute', 178-179.  
 Zie voorts:  
 Freiburg i/B: Lüttringhaus en Baumfelder, 'Die Chemie', m.n. 34-38, 54-55; Kilian, *Die Universitäten Deutschlands* (1828), 352; Schmitz, *Die deutschen pharmaceutisch-chemische Hochschulinstitute*, 120-121;  
 Breslau: Schiff, 'Das erste chemische Institut', m.n. 34-36;  
 Marburg: Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 14-22, 424-426;  
 Kilian, op. cit., 303, 311; Stecher, 'Pharmazeutische Technologie', 220-235;  
 Berlijn: Kilian, op. cit., 33; Stürzbecher, 'Beitrag zur Geschichte', 726; idem, 'Aus der Geschichte', 1099-1100; Schmitz, op. cit., 27-31;  
 Leipzig: Bessler en Mayr, 'Chemie und pharmazeutische Chemie', 607; Erdmann, 'Das chemische Laboratorium' (1844), 65-66;  
 Tübingen: Schmitz, op. cit., 321; Kilian, op. cit., 230;  
 Bonn: Winterfeld, 'Die Entwicklung'; Schubring, 'the Bonn natural sciences seminar', 65-66;  
 Jena: de eerste leider van deze praktische cursus was de analytisch chemicus F.C. Accum, die Londen wegens conflicten had moeten verlaten. Zie: Döbling, *Chemie in Jena*, 116-118, 202-210.
81. Vgl. Erdmann, 'Das chemische Laboratorium' (1844), 65; Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), vii-viii.
82. Henrich, 'Zur Geschichte', 586-587; Döbling, *Chemie in Jena*, 205.
83. Rose, *Handbuch der analytischen Chemie* (1829); Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 173-177, 185-188; Bierman, *arsenijmengkunde*,



- 110.
84. Dat was een groot verschil met de Beierse universiteiten die vanwege de daar geldende farmaceutische examen-reglementen weliswaar goed bezocht werden, maar vrijwel uitsluitend door Beierse studenten. De laboratoria te Landshut, Erlangen en Würzburg hadden slechts een regionale betekenis.  
Wankmüller, 'Pharmazeutische Privat-institute', 637.
85. Het citaat komt uit F. Saalfeld's *Geschichte der Universität Göttingen*, Band III (1820). Saalfeld meende, ten onrechte, dat Stromeyer toen nog de enige was die zo'n cursus aanbood. Zie Henrich, 'Zur Geschichte', 586.
86. Een uitvoerige historische studie van de ontwikkeling en invloed van Stromeyers onderwijslaboratorium ontbreekt helaas. Het meest nuttig op dit moment zijn: Ganss, 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie', 33-45; Henrich, 'Zur Geschichte'; Lockemann en Oesper, 'Friedrich Stromeyer'; en Wankmüller, 'Pharmazie an der Universität Göttingen von 1801 bis 1830'.
87. Berzelius uit Stockholm liet zich in zijn correspondentie met Wöhler regelmatig negatief uit over Stromeyer. Mogelijk wijst dit ook op rivaliteit tussen beiden.  
Wallach, *Briefwechsel* (1901) (zie index: Stromeyer).
88. Zie de levensbeschrijving van Engelhart in de *Neue Nekrolog der Deutschen* 15 (1837) (verschenen in 1839). Zulke studiebeurzen, die bijvoorbeeld ook aan Mitscherlich en Liebig werden verleend, vormen een duidelijke aanwijzing voor het in § 6.3 gesignaleerde tekort aan bekwame chemiedocenten.
89. Buff werd uiteindelijk hoogleraar in de fysica, maar hij had daarvoor als privaatsdocent te Giessen chemie gedoceerd.
90. Zoals gesteld studeerden verschillende van hen ook in Stockholm of Parijs. Bij Berzelius in Stockholm studeerden bijvoorbeeld Mitscherlich en Engelhart, en in Parijs Von Ittner, L. Gmelin, Merian, Brunner, Runge, Moldenhauer, Engelhart, Buff, Von Blücher en Bunsen.
91. Voor het citaat zie de brief die Liebig op 30 juni 1852 aan zijn uitgever Vieweg schreef. Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 258.  
Liebig had niet bij Stromeyer maar bij de 'natuurfilosoof' Kastner gestudeerd. Zijn mede-student Engelhart ging wel naar Göttingen. Het is ondenkbaar dat Liebig niet van het onderwijs van Stromeyer op de hoogte zou zijn geweest.  
Vgl. Seifert, *Wilhelm August Lampadius*, 76; Gustin, 'German chemical profession', 120-123, 129, en Munday, 'Social climbing through chemistry' (waaruit een tamelijk negatief beeld van Liebig naar voren komt).
92. G. von Liebig ed., 'Justus von Liebig', 821-822. Deze aantekeningen zijn vermoedelijk omstreeks 1852 geschreven, want verschillende formuleringen komen sterk overeen met de inhoud van de brief aan Vieweg van 30-6-1852. Vgl. idem, 824, 827-828.
93. Gustin, 'German chemical profession'; Holmes, 'Liebig's laboratory'; Munday, 'Social climbing through chemistry'.
94. Waar Gustin wel enige aandacht aan de problematiek rond de vervalsing van levensmiddelen besteedt, verzuimt hij het verband met de chemische analyse te leggen. Gustin, 'German chemical profession', 152-155.
95. Lockemann en Oesper, 'Friedrich Stromeyer', 204; Gustin, 'German chemical profession', 116.
96. Brauer, 'Goethes Briefwechsel', 160. In Leipzig volgde Kühn het voorbeeld van zijn meester.

- Bessler en Mayr, 'Chemie und pharmazeutische Chemie', 607.
97. Vgl. § 3.4.
98. Wiegert, *Anfangsprobleme*, 36, 47; Gustin, 'German chemical profession', 153-154; Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), xii-xxi.
- Het fenomeen van de 'Staatschemiker' als zodanig bestond overigens al. Twee voorbeelden zijn mij bekend. Hermbstaedt was van 1797 tot 1833 staatschemicus in Pruisen en K.F.Ch. Salzer (1775-1852) vervulde dezelfde functie van 1809-1833 in Baden. Hun taken lagen niet op het terrein van de volksgezondheid, maar op dat van de nijverheidspolitiek. Mogelijk had J.W. Doebereiner in Saksen-Weimar een vergelijkbare functie.
99. Lampadius, 'Ueber die zweckmässige Benutzung' (1832).
- Daarmee deed hij een voorstel dat lijnrecht inging tegen het pleidooi van Kühn om forensisch-chemisch en vergelijkbaar onderzoek geheel in de handen van staatsartsen te leggen. Kühn, *Praktische Anweisung* (1829), vii-xxi.
100. Wiegert, *Anfangsprobleme*, 62-71; Reusch, *Lebensmittelüberwachung*, 130-250.
101. Anders dan Lampadius, zag bijvoorbeeld Creuzburg de nieuwe functie van de 'staatschemicus' vooral als een mogelijkheid om werkloze farmaceuten aan een baan te helpen: 'Der Mann, der hier unter Chemiker als Staatsdiener verstanden wird, soll wohl Apotheker seyn, jedoch kein gewöhnlicher Alltags-Apotheker...'. Wiegert, *Anfangsprobleme*, 36.
102. Wankmüller, 'Matrikeln der Universität Heidelberg von 1831-1840'. Onder die 116 farmaciëstudenten bevonden zich overigens wel enkelen, die later als verdienstelijke scheikundedocenten bekend zouden staan (H. Will, H. Fehling, L. Posselt).
103. Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 60-61, 64-68, 233.
104. De hervormingen na de Julirevolutie gaven de scholen namelijk ook een grotere bestuurlijke autonomie. De inmenging van de ministeries of de van patriottische genootschappen die soms als oprichter hadden gefungeerd werd kleiner. Leraren kregen een grotere invloed op het curriculum. Zie ook § 9.4.
105. Hoewel de historische periode uit de geschiedenis van het polytechnische onderwijs welke in de hoofdstukken 7, 8 en 9 behandeld wordt, vooral de jaren 1830-1848 betreft, heb ik er hier voor gekozen om een klein aantal jaren na de revolutie van 1848 in de analyse te betrekken. Door de reorganisaties in het polytechnische onderwijs die op die revolutie volgden werden alle toen nog dienende docenten van de eerste generatie vervangen. In 1851 volgde Seubert in Karlsruhe de laatst overgebleven docent uit de eerste generatie (Walchner) op (zie hoofdstuk 9).
106. Zie § 6.3.
107. Vgl. ook Gustin, 'German chemical profession', 120-123, 129.
108. Wöbke, 'Leopold Gmelin', 211. Met 'Arbeiten' wordt het uitvoeren van laboratoriumexperimenten bedoeld. De eis op zich was reeds ouder. Vgl. bijvoorbeeld de opvattingen van Wiegert en Hermbstaedt over de 'Chemiker von Profession' (§ 3.2).
109. Vgl. bijvoorbeeld Meyer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), 114.
110. Rose, *Handbuch der analytischen Chemie* (1829); Szabadváry, *Geschiede der analytischen Chemie*, 246.
- Hetzelfde gold voor fysische industriële bepalingsmethoden, zoals de araëmetrie. Ik concentreer me in deze paragraaf op de verhouding tussen de volumetrie en de analytische chemie en behandel de fysische methoden (die ook los van de analytische chemie stonden) slechts zijdelings.

111. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), 24, 28-29, 290-305 (een 'Anhang').
112. Vgl. de Engelse editie: Fresenius en Will, *New methods of alkalimetry* (1843).
113. Fresenius en Will, *New methods of alkalimetry* (1843), v.
114. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 213-215; Snelders, 'Schets', 319; Christophe, 'L'analyse volumétrique'.
115. Bv. Lampadius en Berzelius, zie Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 214-215; en Holmes, 'Liebig's laboratory', 157.
116. Meyer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), 114.
117. Vgl. de Franse chemicus en fabrikant Guyton de Morveau, die expliciet naar methoden op zoek was die 'in de handen van de onintelligentste arbeider goed te gebruiken zouden zijn' (Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 219) en Laurens die in 1808 publiceerde over een titreermethode op soda, zodat 'ook de zeepfabrikant die geen chemicus in dienst heeft, zich kan wapenen tegen een miskoop' (idem, 226).
118. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 214.
119. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 237.
120. Bijv. Meissner, *Die Araeometrie* (1816); Meyer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), 114-135; Payen, *Précis de chimie industrielle* (1855), ii, 245-250, 264, 462, 593-594, 698, 808, 920, 934; Tschelnitz, *Farben-Chemie* (1857), iv, 35, 75, 145, 223, 253, 270, 285, 294. Szabadváry heeft in zijn *Geschichte der analytischen Chemie* overigens dit type bronnen betreffende de geschiedenis van de volumetrie geheel over hoofd gezien.
121. Christophe, 'L'analyse volumétrique'; Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 221-237.
122. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 237, 243; Christophe, 'L'analyse volumétrique'.
123. Biografie van Balling in Von Wurzbach ed., *Biographisches Lexikon*; biografie van F.J. Otto in de *Allgemeine Deutsche Biographie*; over Descroizilles zie Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 222.
124. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 243-244; Christophe, 'L'analyse volumétrique'.
125. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 221, 237. Dit is mijns inziens een vertekening, veroorzaakt door een te grote nadruk op gepubliceerde bronnen. Er zijn verschillende aanwijzingen dat ook in de Engelse anorganische basisindustrie volumetrische methoden gangbaar waren. Vgl. bijvoorbeeld het werk van Andrew Ure (Szabadváry, op. cit., 244-245) en de 'Engelse buret' van Binks (1825-30) (Christophe, 'L'analyse volumétrique', 38). Wel is het zo dat vrijwel alle publicaties die tussen 1820 en 1850 in chemische tijdschriften verschenen, van Fransen afkomstig waren.
126. Gay-Lussac, *Instruction sur l'essai* (1832). Vgl. de argumentatie die Liebig in zijn *Chemie in Preussen* in 1840 aan deze studie trachtte te ontlelen (hoofdstuk 9).
127. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 229-237, 245.
128. Götz, *Bibliographie Trommsdorff*, 36.
129. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 246. Meyer stelde dat de 'technische ontleiding' (analyse) te kort schoot 'bij de naauwkeurigheid, welke de navorchende wetenschap gewisselijk vordert'. Meyer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), 114.
130. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), 24, zie

- ook 28-29.
131. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1853), xi.
132. Szabadváry, *Geschichte der analyti-*

- schen Chemie*, 255-256, zie ook 251-253.
133. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 246.

## Noten hoofdstuk 9

1. Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 50-54.
2. Over de invloed van het Karlsruher laboratorium op de 'laboratoriumarchitectuur' in de periode 1850-1865, zie: *Festgabe zum Jubiläum*, lxx-lxxi; Wurtz, *Les hautes études pratiques* (1870), 16; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 156; Voigt, 'Lehre', 109; Lang, *Das chemische Laboratorium* (1858); Hofmann ed., *Aus Justus Liebig's Briefwechsel*, II (1888), 52-53; Ganss, 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie', 57-59; Van Klooster, 'Friedrich Wöhler', 166-168.
3. Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 54.
4. Uit het schoolprogramma van 1832, geciteerd door Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61.
5. Mij gaat het hier vooral om het verschil tussen 'chemie als beroep' en 'een chemisch beroep'. De woorden 'Beruf' en 'Gewerbe' kunnen in het Nederlands beide met het woord 'beroep' vertaald worden, maar synoniem zijn beide woorden zeker niet. Voor 'ein chemisches Gewerbe' zou de uitdrukking 'een chemische nering' een mooiere vertaling zijn. Voor de complexe geschiedenis van de begrippen 'Beruf' en 'Gewerbe', zie: Conze, 'Beruf'; Hilger en Hölcher, 'Industrie, Gewerbe'.
6. Zie hoofdstuk 6, 7 en 8.
7. Zie hoofdstuk 1.
8. Olesko, 'Commentary', 304-309; Olesko, 'The pedagogical imperative'.
9. Ongepubliceerd onderzoek.
10. De eerstgenoemde naam bij iedere universiteit geeft de leider van het practicum voor 'gevorderden', of 'chemici', aan, de tweede naam die van de leider van het 'beginners', of 'farmaceuten', practicum. Indien er twee jaartallen staan vermeld, heeft het eerste jaartal betrekking op een provisorische scheiding van beide practica en het tweede op de definitieve formalisering van deze splitsing. Conrad, 'Justus von Liebig', 60-67, 103; Ganss, 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie', 53-57; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 129; Erdmann, 'Das chemische Laboratorium' (1844); Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 233; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 45, 471-472.
11. Bijvoorbeeld onder Wöhler aan de *Gewerbeschule* in Berlijn (ca. 1828), onder Goebel in Jena (ca. 1826), Stromeyer in Göttingen, Fehling in Stuttgart (ca. 1841) en Bunsen in Marburg (1840). Teichmann, 'Zum Wirken Friedrich Wöhlers', 130; Pohl, 'pharmazeutischen Privatinstitute', 98, 198; Voigt, 'Lehre', 62-63; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 21, 30. Vgl. ook Bud, 'The discipline of chemistry', 207.
12. Zie § 7.2.
13. Zie ook § 6.5.
14. De school in Dresden leek bij de oprichting in verschillende opzichten

- op het *Gewerbe-Institut* te Berlijn. Na 1832 voerden de leraren evenwel, naar Weens voorbeeld, de 'Lernfreiheit' in. De Saksische regering trachtte dit terug te draaien. Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 31-32.
15. Zie hoofdstuk 6 en 7, en Weiss, *The making of technological man*; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 33-38, 70-75; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 48-54; Lipsmeier, 'Auseinandersetzungen', 924-927.
  16. Vgl. Hantschk, *Johann Joseph Prechl*, 111.
  17. Schneider, 'Aus 200 Jahren', 24.
  18. Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 67; Manegold, 'Technik, Staat, Wirtschaft', 48.
  19. Lang, 'Geschichte der Gründung', 286; Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 34.
  20. Zie § 9.3; en Lundgreen, 'Fachschulen'.
  21. Omstreeks 1836 werd er in de twee buurlanden van Baden, Württemberg en Hessen, in het kader van discussies over het technische onderwijs in Stuttgart en Darmstadt aandacht besteed aan de nieuwe organisatorische opbouw van de school te Karlsruhe. Voigt, 'Lehre', 53-54; Viefhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 70.
  22. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 37; Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 42; Albrecht, *Technische Bildung*, 53-54.
  23. Brief van Liebig aan Vieweg d.d. 19 mei 1841, zie Schneider en Schneider, *Justus von Liebig* (1986), 120. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 14, 45-51, 101, 107, 109, 112-113, 123-127.
  24. Zie bijlage B voor de studentenaantallen.
  25. Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 29-31; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 68.
  26. *Festgabe zum Jubiläum*, xc.
  27. Voigt, 'Lehre', 81. Vgl. ook Viefhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 60, 70.
  28. Voor de leeropdrachten, zie bijlage D.
  29. In Frankrijk, hét land van de gespecialiseerde leeropdrachten in het onderwijs, was het combineren van meerdere docentschappen en andere functies - de 'cumul' - zeer gebruikelijk. De *École centrale des Arts et Manufactures* telde vanaf 1834 maar liefst drie hoogleraren voor de chemie alleen. Allen combineerden die functie echter met docentschappen elders. Een speciale opleiding voor chemici en een combinatie van onderwijs en onderzoek op dat gebied, kwam aan de *École centrale* in vergelijking tot Duitsland pas laat van de grond, mede omdat hoogleraren hun functie als een pure doceerbaan opvatten. Weiss, *The making of technological man*, m.n. 207-209; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 99-104, 156.
  30. Vgl. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 112-116. Naast de reeds vermelde voorbeelden kunnen genoemd worden: de Berlijnse leraar chemie en fysica E.L. Schubarth, die tevens privatdocent aan de medische faculteit, leraar aan de *Thierarzneischule* en lid van de *Technische Deputation für Gewerbe* was, H.D.A. Ficinus te Dresden - tevens praktiserend apotheker en docent aan de *Medizinisch-Chirurgische Akademie* en de *Thierarzneischule* - en F. Heeren, die zijn drievoudige leeropdracht in Hannover combineerde met docentschappen aan de militaire academie en de medisch-chirurgische school.
  31. Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 9-12.
  32. Zie § 3.2. De tegenhanger van de 'Fachklasse' was de 'Jahresklasse' waarin alle leerlingen hetzelfde lespro-

- gramma volgden. Zie over deze tegenstelling tussen het 'Fachsystem' en het 'Klassensystem' ook Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 36-37.
33. Zie bijlage D.
  34. De beste algemene behandeling van de verhouding tussen de staats- en de nijverheidssector in het technische onderwijs en de Pruisische 'Sonderweg' binnen Duitsland, geeft Lundgreen, 'Fachschulen'; idem, 'Engineering education', 41-45.
  35. Voor de discussies in Beieren, zie Kotistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 52-54; Riedner, 'Technische Hochschule München', 229-236; Müller en Zymek, *Sozialgeschichte*, 83-84.
  36. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 89, 109.
  37. Voor een datering van de fasen, zie § 9.7 tabel 9.2.
  38. Gollob, 'Frühgeschichte', 183; Hantschk, *Johann Joseph Precht*, 110-114, 122-123; Bidermann, *technische Bildung* (1854), 80; Kotistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 129-131; Lemayer, *Verwaltung der österreichischen Hochschulen* (1878), 313.
  39. Manegold, 'Technik, Staat, Wirtschaft', 43, 48, 50; Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), v, 67-74.
  40. Zie § 3.1.
  41. De latere directeur van de *höhere Gewerbeschule* te Darmstadt Theodor Schacht in een notitie uit 1833. Geciteerd in Viefhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 70.
  42. Deze gedachte ging al terug tot Becher en Stahl (zie hoofdstuk 3), maar eerst de kameralistische technologen en de eerste generatie leraren en directeuren binnen het technische onderwijs, gaven er een vaste organisatorische en didactische vorm aan. Voor de lijst van 'chemische beroepen' zie Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 14.
  43. Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 57.
  44. Net als in Wenen bestond er in Hannover het systeem dat de leerlingen in de afzonderlijke vakken examen konden - in Hannover zelfs moesten - doen. Bij het verlaten van de school kreeg de leerling een getuigschrift met de lijst van de gehaalde vakken, met voor elk vak een judicium.
  45. Zie bijlage D en de daar vermelde literatuur.
  46. Zie, ook voor de volgende alinea's, Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 31-36.
  47. Zie § 9.3.
  48. Reuther, 'Technische Hochschule Dresden', 139-140; Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 33, 36.
  49. Karlsruhe, Neurenberg, Berlijn, Dresden en Praag werden in dit verband genoemd. Voor de debatten in Stuttgart, zie Voigt, 'Lehre', 52-55.
  50. Voigt, 'Lehre', 53.
  51. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 84-87; Voigt, 'Lehre', 55; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 228-239, 236; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 91-92, 250, 257-259.
  52. Brief van de school aan de 'Studienrat' en het ministerie d.d. 6-11-1843. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 229-230.
  53. De genoemde opvatting kan bijvoorbeeld worden aangetroffen in Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 63-64; idem, 'Fachschulen', 299; Gispén, 'Technical Education', 57-77; en idem, *New profession, old order*, 34-43.
  54. Voor voorbeelden van parlementaire bezuinigingsdreiging, zie Viefhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 60; Voigt, 'Lehre', 48-52; Albrecht, 'Traditionalismus', 78-79.
  55. Lundgreen, 'Konstituierung des 'Bil-

- dungsbürgertums' ', m.n. 84-87; idem, 'Fachschulen', m.n. 294-300; en idem, 'Engineering education'.
56. Lundgreen, 'Fachschulen', 299.  
De suggestie dat de mathematisering van de civiele techniek en de hogere mechanica ook voor de chemici een 'paradigma' vormde, moet overigens afgewezen worden. Chemici lieten zich er eerder op voorstaan dat hun vak het enige onderdeel van de 'hogere techniek' was dat juist zonder enige kennis van de wiskunde op een wetenschappelijk niveau beoefend kon worden. Vgl. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 361; Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 54.
  57. Zie hoofdstuk 1.
  58. Lundgreen, 'Engineering education'.
  59. Zie hoofdstuk 3 en Lundgreen, 'Fachschulen', 294; idem, 'Engineering education', 41-44.  
In Nederland, met zijn afwijkende overheidsbehoeften, liep juist de professionalisering van de weg- en waterbouwkundigen voorop. Vgl. Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*.
  60. Manegold, 'Entwicklung', m.n. 292-294; Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, m.n. 190-200, 283-296; König, 'Stand und Aufgaben', 53; Lundgreen, 'Konstituierung des 'Bildungsbürgertums' ', 84-86; idem, 'Fachschulen', 297.
  61. Zie de drie reeds genoemde artikelen. Het citaat komt uit Lundgreen, 'Fachschulen', 297.
  62. Schödl, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 77, 89, 111-112.
  63. Vgl. hoofdstuk 6 en Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 60.
  64. Zeker is dat deze chemische afdeling van de 'Suprema' later werd opgericht dan de mechanische afdeling (1826), maar voor 1832. Vermoedelijk startte deze speciale beroepsopleiding voor de chemische nijverheid in 1829. Dit leidt af uit het feit dat toen Dr. W.E. Fuss werd aangesteld, die als assistent van Schubarth speciaal belast was met het laboratoriumonderwijs. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 61, 147; Ruske, 'Geschichte der technischen Chemie', 162.
  65. Gerlach, *Atlas zur Eisenbahngeschichte*; Rürup, *Deutschland im 19. Jahrhundert*, 74-76; Kiesewetter, *Industrielle Revolution*, 248-261.
  66. Rürup, *Deutschland im 19. Jahrhundert*, 74-76; Kiesewetter, *Industrielle Revolution*, 248.
  67. Ook Schubert was, hoewel niet in Wenen opgeleid, een aanhanger van de Weense mechanische school. Hij gebruikte in zijn onderwijs in Dresden de beschrijvende en aanschouwelijke aanpak (schaalmodellen) die Arzberger in Wenen op instigatie van Prechtel had uitgewerkt. Albrecht, *Catalogus Professorum*, 79; Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 34-37; Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, 184, 195-198; Keller, 'Ferdinand Redtenbacher'.
  68. Over het systeemkarakter van het nieuwe spoorwegstelsel, waardoor over een breed front onderling innig verbonden technische vraagstukken dienden te worden opgelost ('reverse salients' in de terminologie van Tom Hughes), zie bijvoorbeeld: Schivelbusch, *Geschichte der Eisenbahnreise*, hoofdstuk 2 ('Das maschinelle Ensemble') en 113-116.
  69. '... die Mathematik [ist] keine Luxus... man [kann] mit derselben in dem Maschinenbau etwas leisten.' (ca. 1841/42).  
Redtenbacher stelde in een brief aan de schooldirectie (febr. 1842): 'auf keinem anderen Wege als dem, welchen er betreten hat, besser im Interesse der Anstalt wirken zu können'. Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 100; *Festgabe zum Jubiläum*, xlviii.
  70. Over Redtenbacher, over zijn wetenschappelijke, didactische en maat-

- schappijtheoretische opvattingen, en over de door hem geïnitieerde hervormingen in het onderwijs van de polytechnische school, zie: *Festgabe zum Jubiläum*, xlvii-xlviii, lxix, xc; Keller, 'Ferdinand Redtenbacher'; Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 37-39; Mauel, 'Aufnahme naturwissenschaftlicher Erkenntnisse', 337-343; Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, 288-289; Gispén, 'Technical Education', 72-77; idem, *New profession, old order*, 41-43; Zweckbronner, *Ingenieurausbildung*, 100-105.
71. Het organisatieplan van 1832 stelde alleen aan de vooropleiding van toekomstige mijnbouwers in overheidsdienst enige specifieke eisen (Lang, 'Geschichte der Gründung', 286). In 1846 moesten alle leerlingen echter, afhankelijk van hun beoogd beroep, een toelatingsexamen afleggen (Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 48).
  72. *Festgabe zum Jubiläum*, xc-xci.
  73. Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 36-37.
  74. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 67-69; *Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule*, 12-14; Heidruschka, 'Die chemische Abteilung', 107-108; Ludwig, 'Die mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung', 132-142; Reuther, 'Technische Hochschule Dresden', 139-140; Rudolph, 'Wechselwirkungen', I, 22, en II, 9-12; Sonnemann et. al. *Technischen Universität Dresden*, 33, 36, 45-46, 48-51.
  75. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 84-87; Voigt, 'Lehre', 55, 71-73; Zweckbronner, 'Die Ingenieurwissenschaften', 197-204; idem, *Ingenieurausbildung*, 92-110, 250-251; Hermann en Wollmershäuser, 'Die Entwicklung der Physik', 248-249; Borst, *Schule des Schwabenlands*, 127-128.
  76. Een mijlpaal in dit reorganisatieproces van de chemisch-technische opleiding in Stuttgart was de bouw van een nieuw (analytisch-chemisch) laboratorium in 1854. Voigt, 'Lehre', 72, 108-109; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 236; Borst, *Schule des Schwabenlands*, 169.
  77. Omstreeks 1830, toen beide benamingen nog vrijwel dezelfde betekenis hadden, was de naam 'polytechnische school' in Hannover vooral om politieke redenen gemeden (hoofdstuk 7). Tussen 1830 en 1845 ontstond er geleidelijk een steeds scherper onderscheid tussen beide benamingen, waarbij de naam 'Höhere Gewerbeschule' voor zuivere industriescholen werd gereserveerd en de naam 'Polytechnische Schule' voor scholen waar ook civiele ingenieurs werden opgeleid. Dit blijkt bijvoorbeeld uit de discussies die in Hannover en in Darmstadt werden gevoerd. Karmarsch, *Die polytechnische Schule* (1848), 1; Vieffhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 76, 80-82.
  78. Manegold, 'Entwicklung', 292-294; Scholl, *Ingenieure in der Frühindustrialisierung*, 96-101, 135-146, 170-200, 290-296.
  79. Onderstaande analyse is gebaseerd op een kritische vergelijking van drie voorlichtingsbrochures van de school: Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844); idem, *Die polytechnische Schule* (1848); idem, *Die polytechnische Schule* (1856).
  80. Terwijl de adviesprogramma's doorgaans vier studie-onderdelen per jaar aangaven, volgden de leerlingen vóór 1843 gemiddeld slechts 2,5 leervak per jaar. Tussen 1843 en 1849 steeg dit naar boven de drie en bleef daarna min of meer constant. Het lage gemiddelde werd veroorzaakt door het feit dat veel leerlingen, vooral vóór 1843, slechts 1 à 2 vakken volgden.



- Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 77, 162-163; idem, *Die polytechnische Schule* (1848), 80; idem, *Die polytechnische Schule* (1856), 169-173.
81. Karmarsch, *Die polytechnische Schule* (1856), 49-50, 118-121, 165-166.
82. Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 71; idem, *Die polytechnische Schule* (1848), 86.  
Tussen 1831 en 1843 studeerden er 7 personen in Hannover, die in 1843 opgaven dat ze van beroep 'Chemiker' waren. In 1856 herhaalde Karmarsch zijn onderzoek onder de afgestudeerden van de school, maar de respons was toen te laag om tot betrouwbare conclusies te leiden. Slechts 13 'chemici' werden toen geregistreerd. Ook in de categorieën 'leraar' (27 personen), 'professor' (4 personen), 'student te Göttingen', 'bietsuikerfabrikant' en in andere categorieën van fabrikanten, bevonden zich echter verschillende personen die het chemische onderwijs hadden gevolgd.  
Karmarsch, *Die höhere Gewerbeschule* (1844), 176-181, 191-194; idem, *Die polytechnische Schule* (1856), 180-187, 232-276.
83. Karmarsch, *Die polytechnische Schule* (1856), 96-105, 125-126; Manegold, 'Technik, Staat, Wirtschaft', 57-59.
84. Albrecht, 'Traditionalismus', 80-82.
85. Voor de beroepsontwikkeling na 1856, zie Gispén, *New profession, old order*, 44-336.
86. Vgl. bijvoorbeeld König, 'Stand und Aufgaben', 51-52.
87. König, 'Stand und Aufgaben', 53.  
Vgl. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 42-62, 178-181, 277-278.
88. Zulke opvattingen werden onder andere door Redtenbacher en Schödler verdedigd.  
Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 8-11, 17-25, 26 (ci-taat), 112-118, 126-127; Gispén, 'Technical Education', 72-77; idem, *New profession, old order*, 41-43.
89. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 3, 8, 12, 24, 122-125.
90. Grimaux en Gerhardt, *Charles Gerhardt*, 17.
91. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 224-225, 228-229; Voigt, 'Lehre', 62-63.
92. Schmitz, *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute*, 65; Müller, *Lehrkräfte am Collegium Carolinum*, 70-72; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 43.
93. Dit was, zoals ik in de hoofdstukken 4 en 6 heb laten zien, de weg die na 1804 aan de *École polytechnique* was ingeslagen. In de 'cours des manipulations chimiques' die hoorde bij het college 'toegepaste scheikunde' van Thenard, kwamen alle aspecten van de praktische chemie, waaronder de analytische scheikunde, aan bod.
94. Meissner, *Die Araeometrie* (1816); J.R. Joss, *Tabellarische Anweisung zur Vergleich mehr oder minder concentrirter geistigen Flüssigkeiten .. Ein vervollständigter Anhang zu P.T. Meissner Aräometrie* (Wenen 1836).
95. J.R. Joss, *Practischer Anleitung zur Untersuchung der Biere und Würzen nach der von Fuchs in München vorgeschlagenen halymetrische Probe* (Wenen 1838); K.J.N. Balling, *Die sacharometrische Bierprobe* (Praag 1843); 2e druk 1846 onder de titel *Die sacharometrische Bier- und Branntweinmeischprobe*.
96. Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 9; Hülse, *Die Königliche polytechnische Schule* (1853), 41.
97. Zie hoofdstuk 6; en Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 128.
98. De school te Brunswijk, waar apothekers werden opgeleid, uitgezonderd.
99. Voorbeelden van dergelijke leerboeken zijn, naast het leerboek van Thenard, zulke uiteenlopende boeken als: Meijer, *Gronden der krijgskundige scheikunde* (1840), waarvan de 3de

- afdeling (pp. 114-134) over de 'ontleedkunst' gaat; en Payen, *Précis de chimie industrielle* (1855), dat steeds per produktgroep een analytische handleiding bevat ('essais alcalimétriques', 'essai des sucres', 'essai de la céruse' en dergelijke). Zie § 8.6.
100. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 4-5.
  101. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 4, 6-8.
  102. Ernst Bischof, die hoogleraar geneeskunde was aan de universiteit te Bonn, noemde bijvoorbeeld dit jagen naar ontdekkingen omstreeks 1840 'een geïmporteerde Franse kwaal'. Turner, 'Justus Liebig', 160. Vgl. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 22.
  103. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 31. Het is overigens opmerkelijk te lezen hoe Meissner, die het tien jaar lang gepresteerd had zijn leeropdracht niet volgens de daartoe opgestelde instructies uit te voeren, zich hier op zijn 'Instruktion' beroept.
  104. Ze vormden wél een breuk met de ideeën van mensen als Prechtl. Tussen 1800 en 1850 gaat het in de geschiedenis van het polytechnische scheikunde-onderwijs in feite om drie visies op de rol van de wetenschap en op de didactiek: -1- de 'technologische' visie van de oprichtersgeneratie (Prechtl), waarbij de behoeften van de nijverheid op de eerste plaats kwamen en de cognitieve structuur van de disciplines pas op de tweede plaats; -2- de visie van verschillende docenten en beampten (Meissner, Nebenius) dat 'streng-wetenschappelijk', disciplinair georganiseerd onderwijs mogelijk zou zijn zonder een daarmee verbonden onderzoekersactiviteit; -3- de visie van de jonge chemie-docenten na 1830 dat onderwijs en onderzoek hand in hand dienden te gaan (voor de leraren althans, niet voor de studenten). Zie hoofdstuk 10.
  105. Schnabel, 'Anfänge des technischen Hochschulwesens', 33.
- In 1843 verwoordde de Darmstadtse schooldirecteur Theodor Schacht een tegengestelde opvatting. Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 12-13.
106. Over deze generatie, zie § 8.5.
  107. Brief van Wöhler aan burgemeester Von Bärensprung (25 augustus 1825). Geciteerd in Teichmann, 'Zum Wirken Friedrich Wöhlers', 128.
  108. Wallach, *Briefwechsel* (1966), 567-568.
  109. Wöhler schreef ook enkele publicaties samen met Liebig, waaronder de historische publicatie over de 'Radical der Benzoësäure', waarvoor het experimentele onderzoek door hen beiden in Giessen werd uitgevoerd. Vgl. Valentin, *Friedrich Wöhler*, 71-79.
  110. Brieven van Wöhler aan Berzelius dd. 29-6-1833 en 26-12-1833. Wallach, *Briefwechsel* (1966), 520; Miles, 'James Curtis Booth'.
  111. Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen*, 21-55; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 26; Ganss, 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie'.
  112. Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen*, 68-69; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 56.
  113. Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 26-28.
  114. Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen*, 66-68; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 28.
  115. Zie bijlage D.
  116. Hermann en Wollmershäuser, 'Die Entwicklung der Physik', 245. Vgl. Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 226; en Voigt, 'Lehre', 58.
  117. Voor vergelijkbare veranderingen aan de universiteiten, zie Turner, 'The growth of professorial research'.
  118. Fehling werd gekozen uit 13 sollicitanten - mogelijk op voorspraak van Liebig en van de met deze bevriende Stuttgarter kininefabrikant Friedrich Jobst (1786-1859), die lid was van het

- schoolbestuur - en benoemd nadat hij door de Tübinger chemicus C.G. Gmelin was geëxamineerd. Dat een examen deel uitmaakte van een benoemingsprocedure was in die tijd, naar Frans voorbeeld, nog gangbaar in Oostenrijk, Beieren en Württemberg. Dit in tegenstelling tot de Noordduitse procedure, waarbij via de 'Habilitation' vooral op onderzoekscapaciteiten werd geselecteerd.
- Over Fehlings benoeming, zie Voigt, 'Lehre', 62-63; Zweckbrunner, 'Die Ingenieurwissenschaften', 196-197; Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 227; Hermann en Wollmershäuser, 'Die Entwicklung der Physik', 248; Borst, *Schule des Schwabenlands*, 162-163; Wankmüller, 'Anfänge des Chemie- und Pharmaziestudiums in Stuttgart'.
119. Voigt, 'Lehre', 62-63.  
Over Fehling en het door hem in Stuttgart uitgevoerde wetenschappelijke en technische onderzoek, zie Borst, *Schule des Schwabenlands*, 162-171; en Goubeau, 'Anfänge der Chemie', 226-240.  
Voor een impressionistische schildering van de opkomst van wetenschappelijk-technische research aan de polytechnische school te Stuttgart, zie Borst, op. cit., 146-199.
120. De noodzaak om het polytechnische onderwijs wetenschappelijk van karakter te doen zijn, zodat de fabrikanten zelfstandig *nieuwe* resultaten zouden kunnen boeken, werd ook naar voren gebracht door de Darmstadtse school-directeur Schacht.  
Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 12-13.
121. Vgl. § 8.5.
122. Voor F.J. Otto (Brunswijk), zie: de biografie van Otto in de *Allgemeine Deutsche Biographie*; en Heuser ed., *Justus Liebig und der Pharmazeut Friedrich Julius Otto* (1989).  
Voor A. Schrötter (Graz), die niet alleen Giessen maar ook Berlijn, Heidelberg, Göttingen en Parijs bezocht, zie: de necrologie van Schrötter in de *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* 9 (1876), 95-96, 106; en Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 22.
123. Zijn beroemdste verbetering was de uitvinding van het zogenaamde 'kali-apparaat' in 1831.  
Voor een uitstekend overzicht van de ontwikkeling van Liebigs activiteiten op het gebied van de (analytische) organische chemie, zie Holmes, 'Liebig's laboratory', 132-142.
124. Wankmüller, 'Ausländische Studierende der Pharmazie und Chemie'; idem, 'Studenten der Pharmazie und Chemie an der Universität Giessen'; Conrad, 'Justus von Liebig'; Fruton, 'The Liebig research group'; idem, *Contrasts in scientific style*, 16-71, 277-307; Holmes, 'Liebig's laboratory', 129-132, 142-149.
125. Vgl. Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 61-82, m.n. 71 (brief d.d. 17 juni 1837), waaruit blijkt dat Liebig zich zijn grote reputatie zeer bewust was: 'Man hat den Mut zu sagen, es sei wahr, weil ich es gesagt, allein weil dies oder jenes von Otto, von Erdmann etc. gesagt wurde, gilt für keinen Beweis. Dies ist nun einmal so.'  
Voor Liebig's reis naar Engeland en zijn invloed in dat land, zie Bud, 'The discipline of chemistry', 120-131, 209-212; Bud en Roberts, *Science versus practice*, 47-53; Brock en Stark, 'Liebig, Gregory'.
126. Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838).  
Voor Liebigs campagne in het algemeen, zie Turner, 'Justus Liebig', 130-131.
127. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), als brochure verschenen onder de titel *Ueber das Studium der Naturwissenschaft und über den Zustand der Chemie in Preussen*. Over de landbouwchemie: J. Liebig, *Die organische*

- Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* (Braunschweig 1840).
128. Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 96-103.
  129. Brief d.d. 1 juni 1840.  
Hofmann ed., *Aus Justus Liebig's Briefwechsel* (1982), 160. Vgl. ook de brief van 2 april 1840 (idem, 158).
  130. Brief van Liebig aan Vieweg d.d. 23 augustus 1840.  
Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 103.
  131. Zie Paolini, *Justus von Liebig*, 89, 98, 102, 106-113.  
Voor de Nederlandse edities, zie: Liebig, *Brieven over scheikunde* (1844); en idem, *Scheikundige brieven* (1862, en 1864). De editie Groningen 1862 ontbreekt in Paolini.
  132. Hoofdstuk 7.
  133. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 128.
  134. Turner, 'Justus Liebig', 130; Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 16.
  135. Manegold, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*, 44-51.
  136. Lipsmeier, 'Auseinandersetzungen', 925-928; Vieffhaus, 'Hochschule-Staat-Gesellschaft', 59-60, 67-70, 72-75.
  137. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 133-136.
  138. Deze 'nieuwe' wetenschapsopvatting ging in feite reeds terug op de Wetenschappelijke Revolutie van de zeventiende eeuw en kreeg met name in de achttiende een bredere aanhang. Waar het om gaat is, dat deze visie in Duitsland pas tussen 1830 en 1850 de dominante werd en exclusiviteitsaanspraken kreeg. Daarbij ging het ook - maar niet uitsluitend - om een verandering in het denken over de taken en inrichting van de universiteit.
  139. Dezelfde thematiek was aan de orde in Pruisische debatten over Liebig's 'Zustand der Chemie in Preussen'.  
Turner, 'Justus Liebig', 138, 160-162.
  140. Uit een brief van Liebig aan F. Mohr, d.d. 11-4-1838, naar aanleiding van zijn 'Chemie in Oestreich'. Kahlbaum ed., *Justus von Liebig und Friedrich Mohr* (1970), 57.
  141. Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 341.  
Andere voorbeelden van personen die op het gebied van de chemie wel 'geleerd' waren maar in de ogen van Liebig toch geen chemici, waren de Weense hoogleraar J.F. Jacquin ('ein Mann des reichsten und umfassendsten Wissens...' (Liebig, 'Chemie in Oestreich' 1838, 340)) en de scheikunde professor Schweigger-Seidel uit Halle ('ein ausgezeichnete Gelehrten, kein Chemiker' (Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 54)).
  142. Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 340-342.
  143. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 15, 18-20, 35-40.  
Zie ook de hierboven gegeven citaten van Meissner over het onderwijs in de chemische analyse.
  144. Vgl. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 6-7, 20.
  145. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 18-20.
  146. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 104.
  147. Ibid, 128
  148. Ibid, 128-129
  149. Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 340, 347. Vgl. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 110.
  150. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 116, 127.
  151. Ibid, 112-113
  152. Ibid, 115
  153. Ibid, 113
  154. Ibid, 114
  155. Vóór Liebig waren er evenwel andere chemici geweest die de 'all-round' inzetbaarheid van dezelfde analytische methodieken hadden aangegeven; bijvoorbeeld Gay-Lussac en Trommsdorff. Zie hoofdstuk 8.
  156. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840),

- 129-130.
157. Voigt, 'Lehre', 108-109.
158. 59 studenten schreven zich in voor andere disciplines, of ontbraken in het matrikel. Fruton, 'The Liebig research group', 10-13; idem, *Contrasts in scientific style*, 24-28.
159. De groep van 99 leerlingen met een academische carrière zal redelijk volledig zijn. De schattingen voor het aantal farmaceuten en voor de groep van fabrikanten en industriële chemici zijn, zoals Fruton zelf ook opmerkt, ongetwijfeld veel te laag. Fruton, 'The Liebig research group', 16-18, 50-66; idem, *Contrasts in scientific style*, 31-34, 277-307.
160. Vgl. ook de nadruk die Schacht in 1843 op het wetenschappelijke karakter van het onderwijs te Darmstadt legde. Schacht, *Zweck und Einrichtung* (1843), 12-13.
161. Voor het onderstaande baseer ik mij voornamelijk op Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 16-19, 22-27.
162. Zie de biografieën van Baumgartner, Ettingshausen en Schrötter. Daarnaast hadden Baumgartner en Ettingshausen nog contact met de chemicus Von Reichenbach en bezochten ze de wekelijkse wetenschappelijke bijeenkomsten ten huize van professor Von Jacquin. Habacher, *Der Plan zur Berufung*, 10-11.
163. Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 346.
164. Meissner, *Justus Liebig* (1844), 14.
165. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 22.
166. Ibid, 27.
167. Ibid, 22.
168. Ibid, 23.
169. Uit een notitie van Baumgartner, d.d. 21-12-1839. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 23.
170. Voor de poging Liebig in Wenen te benoemen, zie Habacher, *Der Plan zur Berufung*; en Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie'.
171. Vgl. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 18, 23 en 25, waaruit dit impliciet blijkt.
172. Enige voorzichtigheid is geboden omdat Wöhler als vriend van Liebig natuurlijk geen onpartijdige waarnemer was. Kernbauer, 'Emanzipation der Chemie', 18.
173. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 339.
174. Meissner, *Justus Liebig* (1844). Meissner schreef in dit verband dat hij steeds vaker beschuldigd werd 'seinem Amte nicht gewachsen' te zijn (op. cit., 18). Over de benoeming van Joseph Freiherr von Pasqualati (1802-?), zie Meissner, op. cit., 33; en Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851).
175. Hantschk, *Johann Joseph Prechtl*, 339.
176. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 88, 107; Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 362-365, 368; Kastner, 'Die Technische Hochschule', 54.
177. Zie bijlage C. Voorts Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 364-367, 369; Gollob, 'Frühgeschichte', 195-198.
178. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 368-369.
179. Namelijk Dr. J. Franz Ragsky die 1844-1845 in Giessen studeerde. Waidele studeerde in 1844 in Giessen. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 365; Wankmüller, 'Ausländische Studierende der Pharmazie und Chemie'; Conrad, 'Justus von Liebig'.
180. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 369. Vgl. ook Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 85, 94.
181. Pohl, 'Beitrag zur Statistik' (1851), 368-369.
182. Szabadváry, *Geschichte der analytischen Chemie*, 246.
183. Vgl. § 8.6 en Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), 24, 28-29.

184. Over de oprichting van het onderwijs-laboratorium voor 29 studenten in Dresden in 1846, is te weinig bekend om te kunnen concluderen dat het hier om een speciaal analytisch-chemisch laboratorium ging. Wel was het uitgerust met een balansenkamer. Rudolph, 'Wechselwirkungen', II, 10.
185. Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 64-72; Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft*, II, 4.
186. Grüner, *höheren technischen Fachschulen*, 30; Lundgreen, *Techniker in Preussen*, 65-67, 72-73.
187. Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft*, II, 4.
188. Ruske, 'Geschichte der technischen Chemie', 162.
189. Borscheid, *Naturwissenschaft, Staat und Industrie*, 51.
190. Ibid, 52.
191. Ibid, 53.
192. Ibid, 53.
193. Ibid, 53.
194. Voigt, 'Lehre', 67-68.
195. Heuser ed., *Justus von Liebig und der Pharmazeut Friedrich Julius Otto* (1989), 36.
196. Heuser ed., *Justus von Liebig und der Pharmazeut Friedrich Julius Otto* (1989), 32-38. Brief 11 in dat boek (pp. 32-33) staat ten onrechte als een brief aan Liebig aangegeven. Wöhler was de adressant. Zie voorts Albecht, *Technische Bildung*, 177-185.
197. Landes, *unbound Prometheus*, 187.

## Noten hoofdstuk 10

1. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 1.
2. Vgl. Lintsen, *Ingenieurs in Nederland*, 6.
3. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), m.n. iii-iv; Buff, *Studium der Chemie* (1868), m.n. 3-4.
4. Stein, *Die Organisation des chemischen Unterrichts* (1857), m.n. iii-vi.
5. Auteurs die de term 'systeem' hante- ren benadrukken gewoonlijk het be- staan van *functionele samenhangen* tussen de systeemcomponenten (na- tuurwetten, economische wetten, e.d.), terwijl bij het gebruik van de term 'netwerk' het (door mensen) *geconstrueerde karakter* voorop staat. Dit verschil in wetenschapstheore- tische positie is niet van belang als men alleen de complexiteit en hetero- geniteit van innovatieprocessen wil benadrukken. De essentie is dat met iedere innovatie een hele keten van andere innovaties (en 'translaties') verbonden zijn.
6. Hughes, 'The evolution of large tech- nological systems'; Latour, *Science in action*, m.n. 103-144.
7. Johnson, 'Academic chemistry'. Zie ook bijlage D.
8. Om enkele scholen en personen als voorbeeld te noemen: H. Limpricht (1827-1909) studeerde aan het Colle- gium Carolinum te Brunswijk, A. Strecker (1822-1871), C. Schorlem- mer (1834-1892), W. Städel (1843- 1919) en W. Weith (1846-1881) be- zochten de polytechnische school te Darmstadt, C.F. Clemm (1836-1899), C.A. König (1838-1885), I. Stroof (1838-1920), C. Graebe (1841-1927) en A. Ladenburg (1842-1911), die te Karlsruhe, en C. Clemm (1818-1887), H. Debus (1824-1915), P. Griess (1829-1888) en L. Mond (1839-1909) hadden voor hun universitaire studie aan de Kasselse polytechnische school gestudeerd.
9. Bijvoorbeeld, Wenen: K. Zulkowski (1833-1907), J. Wiesner (1838- );

- Praag: R. Hoffmann (1835-1869), F. Štolba (1839-1910); Berlijn: A.S. Leonhardt (1827-1899), H. Caro (1834-1910), H.W. Vogel (1834-1898), I. Levinstein (1845-1916).
9. 'Technische Chemiker' moesten, volgens Erdmann, wel in staat zijn praktische problemen op te lossen met behulp van analytisch-chemisch onderzoek, maar ze hoefden niet een wetenschappelijke vraag te kunnen formuleren op basis van een literatuurstudie en deze vervolgens op te lossen. Op het niveau van de praktische laboratoriumvaardigheden was de grens tussen beide groepen dus diffuser dan het begripsmatige onderscheid van Erdmann suggereert. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 25, 33-37.
  10. 'Constituierende Versammlung' (1867), 3. Zie ook Ruske, *100 Jahre Deutsche chemische Gesellschaft*, 33-39. In dezelfde tijd werden er ook in verschillende andere universiteits- en industriesteden plaatselijke chemische verenigingen opgericht, bijvoorbeeld in Bonn, Zürich, Bazel (1869), Frankfurt a/M (1869) en Wenen (1870). De Berlijnse chemici trachtten echter, met succes, er van meet af aan een nationale vereniging van te maken. Daarnaast werd er in 1872 te Praag een regionale chemische vereniging voor heel Bohemen opgericht.
  11. Manegold, 'Zur Emancipation der Technik'; idem, *Universität, Technische Hochschule und Industrie*; idem, 'Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik'.
  12. Vgl. bijvoorbeeld de situatie in Oostenrijk waar in 1863 er in de chemische richting al een gespecialiseerde laboratoriumopleiding bestond, terwijl de andere afdelingen nog het Prechtlske keuzesysteem kenden. Kořistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 131, 156.
  13. Bijlage D.
  - In 1878 stelde de Oostenrijkse regering een landelijke 'Staatsprüfung' voor technische chemici in. Pogingen die in Duitsland ondernomen werden door de polytechnische chemie-hoogleraren om een 'Staatsexamen für Chemiker' voor het Duitse Reich in te stellen mislukten. Kohlrausch, 'Technische Hochschule Graz', 182.
  14. De chemische afdeling trok uit heel Duitsland studenten aan, de Zwitsers vormden slechts een kleine minderheid. Zie bijlage C voor de groei van de aantallen chemie-studenten.
  15. Duisberg, 'Ueber die Ausbildung der technischen Chemiker' (1896).
  16. Zie § 9.5 (cursivering in het origineel).
  17. Buff, *Studium der Chemie* (1868).
  18. Meinel, *Die Chemie an der Universität Marburg*, 435-438.
  19. Erlenmeyer, 'Studium der Chemie' (1862).
  20. Erlenmeyer, *Die Aufgabe des chemischen Unterrichts* (1871), 16, 23.
  21. Zie bijvoorbeeld McClelland, *The German experience*, 16-17.
  22. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), 2-4. Elders formuleerde Fresenius deze regels als 'strengste orde', 'de grootste zindelijkheid', 'de feil eerst in zich zelf .. zoeken' en 'een vast vertrouwen op de onveranderlijkheid der natuurwetten'. Fresenius, *Handleiding tot de kwalitatieve chemische analyse* (1857), 4.
  23. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 4, 44-52, 54-56. Vgl. ook Lampadius' eisen aan de analyticus: 'Wahrheitsliebe, Fleiss, Geduld, Vorsicht, Reinlichkeit'. Geciteerd in Seifert, *Wilhelm August Lampadius*, 58.
  24. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 114. Zie § 9.5.
  25. Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), viii-x, 6; idem, *Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse* (1846), viii-xiv.

- Vgl. ook Bud, 'The discipline of chemistry', 207-209.
26. Wel verzette Fresenius zich tegen het gebruik van tabellen, die aanleiding gaven tot het slaafs volgen van onbegrepen receptuur. Zijn eigen handleiding was voor zelfstudie geschikt, maar bevatte naast een uitleg van het hoe ook een uitleg van het waarom van bepaalde handelingen. Fresenius, *Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse* (1846), xiv. Vgl. ook Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 44.
  27. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 114.
  28. Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 90-91, 435; Erlenmeyer, *Die Aufgaben des chemischen Unterrichts* (1871), 16-22.
  29. Homburg, 'De inschakeling van chemici'; idem, 'The emergence of research laboratories'.
  30. *Berichte der deutschen chemische Gesellschaft* 7 (1874), 1536. Vgl. de discussie tijdens de 'Generalversammlung' van de *Verein zur Wahrung etc.* op 17 en 18 september 1886 over 'Die Vorbildung der Chemiker für die Praxis' in *Die chemische Industrie* 9 (1886), 304-316, m.n. 307-309; en Duisberg, 'Ueber die Ausbildung der technischen Chemiker'. Zie ook de in § 1.2 genoemde chemiehistorische literatuur over de periode 1870-1900, m.n. Johnson, 'Academic, proletarian, ... professional?'.
  31. Stein, *Die Organisation des chemischen Unterrichts* (1857); Erdmann, *Studium der Chemie* (1861); Erlenmeyer, 'Studium der Chemie' (1862); Buff, *Studium der Chemie* (1868).
  32. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 33.
  33. In Engeland verzetten sommige 'pharmaceutical chemists' zich tegen een fusie met de *Chemical Society*, maar ze bleven de term 'chemist' voor hun beroep nadrukkelijk gebruiken; andere 'pharmaceutical chemists' streefden wel naar een samenwerking met de 'algemene chemici'. Sturchio, 'Chemists and industry', 5, 9-10; Bud, 'The discipline of chemistry', 181-187, 277-279, 289.
  34. Multhauf, *The origins of chemistry*, 261. Zie ook § 2.1.
  35. Multhauf, *The origins of chemistry*, 263-268; Meinel, 'Artibus academicis inserenda'. Zie ook § 3.1.
  36. Zie §§ 3.1, 6.3.
  37. Zie §§ 6.3, 8.3, 8.5.
  38. §§ 2.2, 2.3, 3.2, 8.3. Vgl. ook Multhauf, *The origins of chemistry*, 261-264.
  39. §§ 3.2, 3.3, 6.3. Vgl. ook Schleip, 'Geschichte des Chemieunterrichts'; Halasik, *Der Chemieunterricht*; Bauer, 'Geschichte des Chemieunterrichts'; Just, 'Professionalisierung oder Berufskonstruktion?'.
  40. In drie passages uit de jaren 1821-1824 waarin expliciet over het beroep van chemicus of over studiebeurzen voor chemici gesproken wordt, ontbreekt namelijk ieder verwijzing naar het toen toch vaak bediscussieerde thema van de bevordering van de nijverheid. Wallach, *Briefwechsel I* (1901), 23; Berl ed., *Briefe von Justus Liebig* (1928), 30; Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 426. Zie ook § 6.3.
  41. §§ 6.3, 7.1.
  42. Behalve in Pruisen, waar vanaf 1831/1839 chemische onderwerpen op het gymnasium als onderdeel van het onderwijs in de fysica behandeld werden. Schleip, 'Geschichte des Chemieunterrichts', 65-67; Halasik, *Der Chemieunterricht*.
  43. In 1843 werd de *Verein deutscher Realschulmänner* opgericht, omdat naar hun oordeel hun belangen door de in 1837 opgerichte *Versammlung*



- deutscher Philologen und Schulmänner onvoldoende behartigd werden. McClelland, *The German experience*, 45-47, 60-65.
44. § 6.3.  
Een goed voorbeeld is ook de carrière van Friedrich Wöhler (1800-1882) die als leraar alle niveau's van het toenmalige scheikunde-onderwijs doorliep: 1825-1832 leraar chemie, mineralogie en technologie aan de *Städtische Gewerbeschule* te Berlijn, 1832-1836 leraar chemie, mineralogie en technische chemie aan de *Höhere Gewerbeschule* te Kassel, en 1836-1882 professor chemie en farmacie (later alleen chemie) aan de medische faculteit van de universiteit te Göttingen.
45. Schubring, 'the Bonn natural sciences seminar'; en de literatuur genoemd in bijlage D.  
Vergelijk ook de mislukte plannen om in 1827/28 in Berlijn een 'polytechnisches Seminarium' voor wiskunde- en scheikundeleraren op te richten (bijlage E).
46. Meinel, *Chemie an der Universität Marburg*, 85; Buff, *Studium der Chemie* (1868), 18-21.
47. § 3.2.
48. Hoofdstuk 5, 6, 7 en 9.
49. Homburg, 'The influence of demand'; Verbong, *Technische innovaties*, m.n. 243-275.
50. Bijvoorbeeld in Berlijn, Augsburg, Erfurt en Wenen. Zie § 3.2.
51. Mitterer, 'Unterricht in den polytechnischen Schulen' (1819), 474.
52. Homburg, 'The influence of demand'.
53. Het beroep van colorist had met name in Frankrijk een hoge vlucht genomen, met als belangrijkste centra de katoensteden Mulhouse en Rouen. Vanuit Mulhouse was de katoendrukkerij en de term colorist in Duitsland geïntroduceerd. De Franse invloed was in Engeland veel geringer. Voor de 'chemists' in de Engelse katoenindustrie, zie O'Neill, *Chemistry* (1860); Bud, 'The discipline of chemistry', 199-203; Homburg, 'The influence of demand', 328-329. Vgl. ook Liebig, 'Chemie in Oestreich', 347, waar hij erop wijst dat de Franse ververijen 'Chemiker' in dienst hebben.
54. §§ 3.1, 8.3.
55. Erdmann stelde: 'Kein Zweig der technischen Chemie kann sich seiner Entwicklung nach der Metallurgie gleich stellen. In keinem hat aber die Anwendung der Analyse früher und allgemeiner Platz gegriffen.' Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 37.
56. Seifert, *Wilhelm August Lampadius*, 57-67.
57. Naumann, *Die Doktorpromotionen* (1876); Buff, *Studium der Chemie* (1868), 10.
58. §§ 6.4, 8.6, 9.4.
59. Weiss, *The making of technological man*, 133, 138, 149, 170, 207-209; Klosterman, 'A research school of chemistry', 32.
60. §§ 9.6, 9.7.
61. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 37. Vgl. Buff, *Studium der Chemie* (1868), 10, 19.
62. Bud, 'The discipline of chemistry', 35-40, 45-57, 60, 63-67, 187-188, 199, 251. Vgl. Bud en Roberts, *Science versus practice*, 25-31.
63. § 6.3.
64. Erlenmeyer, 'Studium der Chemie' (1862); Buff, *Studium der Chemie* (1868), 19-20. Vgl. Gispén, 'Engineers in Wilhelmian Germany', 105.
65. Stein, *Die Organisation des chemischen Unterrichts* (1857), 67-84; Weiss, *The making of technological man*, 134, 143-144, 190-191.
66. Cohen, *Ludwig Mond*.
67. Zie § 9.1.
68. De Engelse situatie is goed gedocumenteerd: Bud, 'The discipline of chemistry'; Bud en Roberts, *Science versus practice*.  
Voor Frankrijk bestaan geen vergelijk-

- bare studies. Het meest informatief tot nu toe is: Leprieur, 'Les conditions'.
69. Morrell, 'The chemist breeders', 18; Weiss, *The making of technological man*, 185, 212; Kofistka, *Der höhere polytechnische Unterricht* (1863), 99.
  70. Zie § 9.3.
  71. §§ 7.1, 9.7; Zweckbronner, 'Die Ingenieurwissenschaften', 201-202.
  72. § 5.2; Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847); *Allgemeine Deutsche Biographie* (biografieën Nathusius en Otto); Lockemann, *Robert Wilhelm Bunsen*, 29; Schneider en Schneider ed., *Justus von Liebig* (1986), 52; Fruton, *Contrasts in scientific style*, 64-65; Wallach, *Briefwechsel*, II (1901), 59.
  73. Bijvoorbeeld Tennant, Dunlop en Harvey, eigenaars en managers van de St. Rollox Chemical Works te Glasgow (met ca. 1000 arbeiders toen de grootste chemische fabriek ter wereld, producent van zwavelzuur, soda en bleekpoeder); Crum en (weer) Harvey die als katoendrukker en colorist werkten; Angus, een suikerraffina-deur; en enige personen die werkten in de ijzer- en staalindustrie. Morrell, 'The chemist breeders', 21-23.
  74. § 9.6. Vgl. ook Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 346-347.
  75. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 113, 129-130.
  76. Erdmann, *Studium der Chemie* (1861), 35-37. Vgl. ook Fresenius, *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse* (1845), vii; Buff, *Studium der Chemie* (1868), 19-20.
  77. Vgl. ook Liebig, 'Chemie in Oestreich' (1838), 342-343, 346-347; idem, 'Chemie in Preussen' (1840), 107-108, 113-114, 129-130.
  78. § 7.2.
  79. Hoofdstuk 7.
  80. Homburg, 'De inschakeling van chemici', 139, 148.  
Het in niet duidelijk waar het verschil tussen de twee schattingen vandaan komt. Mogelijk gaat het bij het getal van 84% om degenen die een universitaire of polytechnische opleiding succesvol voltooiden en bij het getal van 97% om hen die een universiteit of polytechnische school bezochten. Ook is het mogelijk dat er verschillende definities van de chemische industrie zijn gehanteerd.  
Voorbeelden van personen die slechts een 'Gewerbeschule' gevolgd hadden maar die binnen hun bedrijf toch 'chemicus' werden genoemd zijn A. Siller, F. Rübel, E. Tust bij de firma Fr. Bayer & Co..
  81. Vóór 1830 wel. Een van de bekendste voorbeelden is J.W. Doeberiner die zonder een universitaire opleiding in 1810 op voorspraak van Goethe tot hoogleraar chemie en farmacie in Jena benoemd werd.
  82. Bud, 'The discipline of chemistry', 278; Bud en Roberts, *Science versus practice*, 33-34.
  83. Homburg, 'De inschakeling van chemici', 127-129, 139, 145-147.
  84. Zie ook Ben-David, *The scientist's role in society*.
  85. Vgl. McClelland, *The German experience*, 31-70.
  86. § 9.3.
  87. Schödler, *Die höheren technischen Schulen* (1847), 3.
  88. Liebig, 'Chemie in Preussen' (1840), 128-130.

# BRONNEN EN LITERATUUR

## Gedrukte bronnen en contemporaine literatuur

AGRICOLA, G., *De Re Metallica*, 1556, engelse vertaling door H.C. Hoover, Londen 1912 (reprint New York 1950).

'Anzeige neuer Schriften aus dem Gebiete der Physik, Chemie und Physiologie', *Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie und für die damit verbundenen Wissenschaften* 17 (1816), 302-307.

(BEETS, M.N.), *Volks-Scheikunde, of onderwijzingen en raadgevingen tot nuttig gebruik. Uitgegeven door de Maatschappij: Tot Nut Van 't Algemeen*, Amsterdam 1815.

BERL, E. ed., *Briefe von Justus Liebig nach neuen Funden*, Giessen en Darmstadt 1928.

BIDERMANN, H.I., *Die technische Bildung im Kaiserthume Oesterreich. Ein Beitrag zur Geschichte der Industrie und des Handels*, Wenen 1854.

BINDER, J.F., 'Auszug aus der Rede des ersten Bürgermeisters und Vorstandes der polytechnischen Commission in Nürnberg, gehalten bei der feierlichen Eröffnung der polytechnischen Schule den 2. Januar 1823', *Neues Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins im Königreich Bayern* 9 (1823), 58-63.

BIRINGUCCIO, V., *De la Pirotechnia. Libri X*, Venetië 1540, engelse vertaling door C.S. Smith en M.T. Gnudi, New York 1959 (reprint New York 1990).

BRANDE, W.T., *Manual of chemistry; containing the principal facts of the science, arranged in the order in which they are discussed and illustrated in the lectures at the Royal Institution of Great Britain*, Londen 1819.

BUFF, H.L., *Ueber das Studium der Chemie*, Berlijn 1868.

CARRIÈRE, J. ed., *Berzelius und Liebig. Ihre Briefe von 1831-1845 mit erläuternden Einschaltungen aus gleichzeitigen Briefen von Liebig und Wöhler*, 2e druk, München 1898 (reprint Göttingen 1978, uitgegeven door T. Reschke).

CHAPTAL, J.A., 'Essai sur le perfectionnement des arts chimiques en France', *Journal de physique, de chimie et d'histoire naturel* 50 (1800), 217-233.

CHAPTAL, J.A., *Chimie appliquée aux arts*, 4 dln., Parijs 1807.

CHAPTAL, J.A., *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Künste und Handwerke. Mit Anmerkungen begleitet von Sigismund Friedrich Hermbstädt*, 2 dln., Berlijn 1808.

'Constituierende Versammlung', *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft zu Berlin* 1 (1867), 1-8.

DECHEND, H. von, *Justus von Liebig in eigenen Zeugnissen und solchen seiner Zeitgenossen*, Weinheim/Bergstr. 1963.

*Deutscher Chemiker-Kalender. Jahrbuch und Notizbuch für den theoretischen und praktischen Chemiker, Fabrikanten, Bierbrauer, Branntweinbrenner, Zuckerfabrikanten* 1 (1875) (uitgegeven door H. von Gehren).

- (DINGLER, J.G.), 'Polytechnische Lehranstalt in Augsburg', *Polytechnisches Journal* 9 (1822), 394-396.
- (DINGLER, J.G.), 'Einige Bemerkungen über das neue polytechnische Institut in Karlsruhe', *Polytechnisches Journal* 18 (1825), 475-477.
- DOEBEREINER, F., *Cameralchemie für Land- und Forstwirthe, Techniker, Sanitäts-, Cameral- und Justizbeamte*, Dessau 1851.
- DUISBERG, C., 'Ueber die Ausbildung der technischen Chemiker und das zu erstrebende Staatsexamen für dieselben', *Zeitschrift für angewandte Chemie* (1896), 97-.
- DU MÊNIL, (A.P.J.), *Leitfaden zur chemischen Untersuchung der Naturkörper für alle, welche die praktische Chemie auf Wissenschaft, Künste und Gewerbe anwenden, als Pharmaceuten, Mineralogen, Metallurgen, Fabrikanten, Oekonomen, Staatsärzte etc.*, 2 dln., Gotha 1829.
- DU MÊNIL, (A.P.J.), 'Ueber die Anstellung junger Pharmaceuten als Provincialchemiker', *Archiv für Pharmazie* 95 (1846), 231-233.
- 'Eine Meynung über polytechnische Schulen in Deutschland', *Neues Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins im Königreich Bayern* 11 (1825), 221-222.
- (ERDMANN, O.L.), 'Das chemische Laboratorium der Universität Leipzig', *Journal für praktische Chemie* 31 (1844), 65-75.
- ERDMANN, O.L., *Ueber das Studium der Chemie*, Leipzig 1861.
- ERLENMEYER, E., 'Ueber das Studium der Chemie: V. Der technische Chemiker', *Zeitschrift für Chemie und Pharmacie* 5 (1862), 440-443.
- ERLENMEYER, E., *Die Aufgabe des chemischen Unterrichts gegenüber den Anforderungen der Wissenschaft und Technik. Rede gehalten in der öffentlichen Sitzung der k. Akademie der Wissenschaften am 25. Juli 1871 zur Vorseier des allerhöchsten Geburts- und Namensfestes Sr. Majestät des Königs Ludwig II. von Bayern*, München 1871.
- EVERSMANN, F.A.A., *Technologische Bemerkungen auf einer Reise durch Holland, Freiberg en Annaberg* 1792.
- FARADAY, M., *Chemical manipulation; being instructions to students in chemistry, on the methods of performing experiments of demonstration of of research, with accuracy and success*, Londen 1827 (reprint Londen 1974).
- FERGUSON, J., *Bibliotheca Chemica: a catalogue of the alchemical, chemical and pharmaceutical books in the collection of the late James Young of Kelly and Durris*, 2 dln., Glasgow 1906 (reprint Londen 1954; en reprint Hildesheim 1974).
- FRESENIUS, C.R., *Handleiding bij kwalitatieve scheikundige ontledingen, of de leer der scheikundige bewerkingen, der herkenningmiddelen, en van derzelve verhouding ten opzichte van de meest bekende ligchamen*, Amsterdam 1843.
- FRESENIUS, C.R., *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse oder die Lehre von der Gewichtsbestimmung und Scheidung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen. Für Anfänger und Geübtere bearbeitet*, Braunschweig 1845.
- FRESENIUS, C.R., *Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse oder die lehre von den Operationen, von den Reagentien und von dem Verhalten der bekannteren Körper zu Reagentien. Für Anfänger bearbeitet*, 4e druk, Braunschweig 1846.
- FRESENIUS, C.R., *Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse oder die Lehre von der Gewichtsbestimmung und Scheidung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammenge-*

- setzen Verbindungen. Für Anfänger und Geübtere bearbeitet, 3e druk, Braunschweig 1853.
- FRESENIUS, C.R., *Handleiding tot de kwalitative chemische Analyse* (naar de 9e Duitse druk), Delft 1857.
- FRESENIUS, C.R. en H. WILL, *New methods of alkalimetry, and of determining the commercial value of acids and manganese* (ed. door J.L. Bullock), Londen 1843.
- GATTERER, C.W.J., *Allgemeines Repertorium der Forstwissenschaftlichen Literatur*, 2 dln., Ulm 1796 (reprint Amsterdam 1972).
- GAY-LUSSAC, J.-L., *Instruction sur l'essai des matières d'argent par la voie humide*, Parijs 1832.
- 'Gegenwärtige Besetzung der Lehrstellen der Chemie u. Botanik auf deutschen und benachbarten höheren Lehranstalten', *Berlinisches Jahrbuch für die Pharmacie und für die damit verbundenen Wissenschaften* 17 (1816), 310-313.
- HÄNLE, C.F., *Die Prinzipien der Physik und Chemie in Beziehung auf das Gewerbliche. Populär bearbeitet für Gewerb- und Realschulen, zum Selbstunterricht und Unterhaltung für Kaufleute und Geschäftsmänner jeder Art*, Stuttgart en Leipzig 1837.
- HAMBERGER, G.C. (voortgezet door J.G. Meusel), *Das gelehrte Teutschland, oder Lexikon der jetzt lebenden teutschen Schriftsteller*, 5e druk, 23 dln., Lemgo 1796-1834 (reprint Hildesheim 1966)
- HARE, R., *Compendium of the course of chemical instruction in the Medical Department of the University of Pennsylvania. For the use of his pupils*, Philadelphia 1828.
- HARE, R., *Compendium of the course of chemical instruction in the Medical Department of the University of Pennsylvania*, 4e druk, 2 dln., Philadelphia 1840.
- HARTMANN, C., *Populäres Handbuch der allgemeinen und speziellen Technologie, oder der rationellen Praxis des chemischen und mechanischen Gewerbwesens*, 2 dln., Berlin 1841.
- HELD, L., *Der praktische Chemiker oder technisch-chemisches Handbuch, viele noch nicht veröffentlichte Vorschriften enthaltend für Färbereien, Katundruckereien, Apotheker, Materialisten, Seifensieder, Metallarbeiter, Buchbinder, Etui- und Instrumentenfabrikanten, Sattler, Schreiner, Möbelfabrikanten, Firmiss- und Lackfabrikanten, Parfümeure, Chocolate- und Liqueurfabrikanten*, Stuttgart 1853.
- HENNINGS, J.C., *Johann Georg Walchs philosophisches Lexicon, worinnen die in allen Theilen der Philosophie, vorkommende Materien und Kunstwörter erklärt, aus der Historie erläutert, die Streitigkeiten der ältern und neuern Philosophen erzehlet, beurtheilet, und die dahin gehörigen Schriften angeführt werden*, 4e druk, 2 dln., Leipzig 1775.
- HENRY, W., *An epitome of chemistry, in three parts*, Philadelphia 1802.
- HERMBSTÄDT, S.F., *Grundriss der Färbekunst oder allgemeine theoretische und praktische Anleitung zur rationellen Ausübung der Wollen-, Seiden-, Baumwollen und Leinenfärberey*, 2e druk, Berlijn en Stettin 1807.
- HERMBSTÄDT, S.F., *Chemische Grundsätze der Kunst Bier zu brauen; oder Anleitung zur theoretisch-praktischen Kenntniss und Beurtheilung der neuesten und wichtigsten Entdeckungen und Verbesserungen in der Bierbrauerei*, Berlijn 1814.
- HERMBSTÄDT, S.F., *Grundriss der Technologie oder Anleitung zur rationellen Kenntniss und Beurtheilung derjenigen Künste, Fabriken, Manufakturen und Handwerke, welche mit der Landwirthschaft, so wie der Kameral- und Policywissenschaft in nächster*

- Verbindung stehen*, Berlijn 1814.
- HEUSER, E. ed., *Justus von Liebig und der Pharmazeut Friedrich Julius Otto in ihren Briefen von 1838-1840 und 1856-1867 (Zugleich ein Beitrag zur Geschichte der Pharmazie in Braunschweig)*, Mannheim 1989.
- HOFFMANN, G.A., *Die Chymie zum Gebrauch des Haus-, Land- und Stadtwirthes, des Künstlers, Manufacturiers, Fabricantens und Handwerkers*, Leipzig 1757.
- HOFFMANN, G.A., *Chymischer Manufacturier und Fabricant, Darinnen die Anfangsgründe der Metallurgie und Apotheker-Wissenschaft, vornemlich aber derer Künste, Handwerke, und Wirtschaft, wie der Handwerksmann solches verstehen und fassen kan, abgehandelt werden*, Gotha 1758.
- HOFMANN, A.W., *The chemical laboratories in course of erection in the universities of Bonn and Berlin. Report adressed to the right honourable the lords of the Committee of her Majesty's most honourable Privy Council on Education*, Londen 1866.
- HOFMANN, A.W., 'Report on the chemical laboratories in course of erection in the universities of Bonn and Berlin', *Chemical News* 14 (1866), 196-199.
- HOFMANN, A.W., 'The life work of Liebig in experimental and philosophical chemistry; with allusions to his influences on the development of collateral sciences and of the useful arts', *Journal of the Chemical Society* 28 (1875), 1065-1140.
- HOFMANN, A.W. ed., *Aus Justus Liebig's und Friedrich Wöhler's Briefwechsel in den Jahren 1829-1873*, 2 dln., Braunschweig 1888 (reprint Göttingen 1982, uitgegeven, in één band, door W. Lewicki).
- HOFMANN, A.W. VON, 'Das Liebig-Denkmal in Giessen. Festrede', *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* 23 (III) (1890), 792-811.
- HÜLSSE, J., *Die Königliche polytechnische Schule (technische Bildungsanstalt) zu Dresden während der ersten 25 Jahre ihres Wirkens*, Dresden 1853.
- JUCH, K.W., *Handbuch der Chemie, für Fabrikanten, Künstler und gewerbfleißige Bürger. Nebst einem besondern Anhang über die Färbekunst*, München 1807.
- KAHLBAUM, G.W.A. ed., *Justus von Liebig und Friedrich Mohr in ihren Briefen von 1834-1870. Ein Zeitbild*, Leipzig 1904 (reprint Leipzig 1970).
- KARMARSCH, K., *Die höhere Gewerbeschule in Hannover*, 2e druk, Hannover 1844.
- KARMARSCH, K., *Die polytechnische Schule zu Hannover*, Hannover 1848.
- KARMARSCH, K., *Die polytechnische Schule zu Hannover*, 2e druk, Hannover 1856.
- KASTNER, K.W.G., *Theorie der Polytechnochemie*, 2 dln., Eisenach 1828.
- KERNKAMP, G.W. ed., 'Johann Beckmann's dagboek van zijne reis door Nederland in 1762', *Bijdragen en Mededelingen van het Historisch Genootschap (gevestigd te Utrecht)* 33 (1912), 311-473.
- KILIAN, H.F., *Die Universitäten Deutschlands in medicinisch-naturwissenschaftlicher Hinsicht betrachtet*, Heidelberg en Leipzig 1828 (reprint Amsterdam 1966).
- KNAPP, F., *Lehrbuch der chemischen Technologie, zum Unterricht und Selbststudium*, 2 dln., Braunschweig 1847.
- (KOBELL, F. von), 'Bekanntmachung. Die Errichtung einer polytechnischen Central-Schule in München betreffend', *Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern* 13 (1827), 623-628.
- KOEHLER, F., *Die Chemie in technischer Beziehung. Leitfaden für Vorträge in Gewerbschulen*, 4e druk, Berlijn 1842.
- KOEHLER, F., *De scheikunde met betrekking tot het fabriekwezen. Eene handleiding bij*

- industrieel onderwijs* (vert. C.F. Donnadieu), 2 dln., Delft 1845.
- KOŘISTKA, C., *Der höhere polytechnische Unterricht in Deutschland, in de Schweiz, in Frankreich, Belgien und England. Ein Bericht an den h. Landesausschuss des Königreichs Böhmen*, Gotha 1863.
- KÜHN, O.B., *Praktische Anweisung die in gerichtlichen Fällen vorkommenden chemischen Untersuchungen anzustellen*, Leipzig 1829 (= O.B. Kühn, *Praktische Chemie für Staatsärzte*, Bd. 1).
- Das Laboratorium. Eine Sammlung von Abbildungen und Beschreibungen der besten und neuesten Apparate zum Behuf der practischen und physicalischen Chemie*, 44 Hefte, Weimar 1825-1840.
- LACHMANN, A. en L. REICHENBACH, *Allgemeine Farbwaaren-, Chemikalien- und Drogen-Kunde. Ein Handbuch für Apotheker, Droguisten, Farbwaarenhändler und Färber*, Leipzig 1851.
- LADENBURG, A., *Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren*, Braunschweig 1869.
- LAMPADIUS, W.A., *Grundriss der technischen Chemie, zum Gebrauch bey Vorlesungen und Selbstunterricht*, Freiberg 1815.
- LAMPADIUS, W.A., *Experimente über die technische Chemie zum Behuf technisch-chemischer Vorlesungen so wie zum Selbstarbeiten*, Göttingen 1815.
- LAMPADIUS, W.A., 'Ueber die zweckmässige Benutzung des jetzigen Zustandes der chemischen Wissenschaft für Menschenwohl', *Journal für technische und oekonomische Chemie* 15 (1832), 1-11.
- LANCILOT, C., *De Brandende Salamander, ofte ontleedinge der chymicale stoffen: zijnde een weg-wijzer, oft institutie om sich in alle operatien der schey-konst te oeffenen. Item de ontwaaken chymist, met een bijvoegsel van de verkiesinge des vitriols*, Amsterdam 1680 (reprint Tilburg 1980).
- LANG, H., *Das chemische Laboratorium an der Universität in Heidelberg*, Karlsruhe 1858.
- LAUTH, Ch., *Rapport sur les produits chimiques et pharmaceutiques. Exposition Universelle Internationale de 1878 à Paris, Groupe V, Classe 47*, Parijs 1881.
- LEHR, J., 'Frequenz, Einnahmen und Kosten der technischen Hochschulen in Deutschland und in der Schweiz', *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 41 (1883), 282-288.
- LEMAYER, K., *Die Verwaltung der Österreichischen Hochschulen von 1868-1877*, Wenen 1878.
- LIBAVIUS, A., *Alchemia*, Frankfurt a/M 1597 (Duitse vertaling, geannoteerd en uitgegeven door F. Rex, Weinheim/Bergstr. 1964).
- LIEBIG, G. VON (ed.), 'Justus von Liebig. Eigenhändige biographische Aufzeichnungen', *Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft* 23 (III) (1890), 817-828.
- LIEBIG, H. von, 'Justus von Liebig. Eigenhändige lebensgeschichtliche Aufzeichnungen' in P. Diergart ed., *Beiträge aus der Geschichte der Chemie dem Gedächtnis von Georg W.A. Kahlbaum gewidmet*, Leipzig en Wenen 1909, 612-617.
- (LIEBIG, J.), 'Ueber das Studium der Pharmacie in Beziehung auf die Medicin und auf die Bildung des Pharmaceuten', *Annalen der Pharmacie* 13 (1835), 1-9.
- LIEBIG, J., 'Der Zustand der Chemie in Oestreich', *Annalen der Pharmacie* 25 (1838), 339-347.
- LIEBIG, J., 'Der Zustand der Chemie in Preussen', *Annalen der Chemie und Pharmacie* 34 (1840), 97-136.

LIEBIG, J., *Ueber das Studium der Naturwissenschaften und über den Zustand der Chemie in Preussen*, Braunschweig 1840.

LIEBIG, J., *Handbuch der Chemie mit Rücksicht auf Pharmacie. Erste Abtheilung. Anorganische Chemie*, Heidelberg 1843 (= P.L. Geiger, *Handbuch der Pharmacie*, Bd. I.1, 5e druk).

LIEBIG, J., *Brieven over scheikunde en de betrekkingen waarin deze wetenschap staat tot koophandel, physiologie en landbouw*, Haarlem 1844.

LIEBIG, J. von, *Ueber das Studium der Naturwissenschaften*, München 1852.

LIEBIG, J. von, *Scheikundige brieven*, 3 dln., Groningen 1862 (dl. 3 is 'Aanhangsel' van de vertaler J.M. van Bemmelen) (ook: 3 dln., Leeuwarden 1864).

LIEBIG, J. von, *Reden und Abhandlungen*, Heidelberg 1874 (reprint Wiesbaden 1965).

MEISSNER, P.T., *Die Araeometrie in ihrer Anwendung auf Chemie und Technik. Erster Theil*, Wenen 1816.

MEISSNER, P.T., *Anfangsgründe des chemischen Theiles der Naturwissenschaft. Zum Selbstunterricht, und zur Grundlage seiner ordentlichen und ausserordentlichen Vorlesungen*, 8 dln., Wenen 1819-1833 (= *Handbuch der allgemeinen und technischen Chemie*, 8 dln.).

MEISSNER, P.T., *Justus Liebig, Dr. der Medicin und Philosophie. ... analysiert*, Frankfurt a/M 1844.

MEYER, M., *Gronden der krijgskundige scheikunde voor de kadetten der artillerie en genie*, Breda 1840.

MITTERER, (H.), 'Ueber den Unterricht in den polytechnischen Schulen, und über ihren Einfluss auf die Industrie des Landes', *Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins im Königreich Bayern* 5 (1819), 453-463, 465-475, 481-491.

NAUMANN, A., *Die Doctorpromotionen der Chemiker. Ein Vortrag*, Giessen 1876.

O'NEILL, C., *Chemistry of calico printing, dyeing and bleaching*, Manchester en Londen 1860.

OTTO, F.J. (en C. SIEMENS), *Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirtschaftlichen Gewerbe*, 3e druk, Braunschweig 1848.

PAYEN, A., *Précis de chimie industrielle a l'usage des écoles préparatoires aux professions industrielles des fabricants et des agriculteurs*, 3e druk, Parijs 1855.

POHL, (J.J.), 'Beitrag zur Statistik des Studiums der Chemie am k.k. polytechnischen institute zu Wien', *Sitzungsberichte der Oesterreichischen Akademie der Wissenschaften (mathematisch-naturwissenschaftliche Classe)* 6 (1851), 361-370.

PRECHTL, J.J., *Grundlehren der Chemie in technischer Beziehung. Für Kammeralisten, Oekonomen, Techniker und Fabrikanten*, 2 dln., Wenen 1813-1815.

*Programm zu den am 27. 29. 30. und 31. März 1847 öffentlich anzustellenden Prüfungen der Schüler der technische Bildungsanstalt und der Baugewerkschule zu Dresden*, z.p. z.j. [Dresden 1847].

REX, F. ed., *Die Alchemie des Andreas Libavius. Ein Lehrbuch der Chemie aus dem Jahre 1597*, Weinheim/Bergstr. 1964.

RIBEAUCOURT, P. de, *Éléments de chimie docimastique, a l'usage des orfèvres, essayeurs, et affineurs*, Parijs 1786.



- RÖSSIG, C.G., *Lehrbuch der Technologie für den angehenden Staatswirth und den sich bildenden oder reisenden Technologen*, Jena 1790.
- ROSE, H., *Handbuch der analytischen Chemie*, Berlin 1829.
- ROSENTHAL, G.E., *Litteratur der Technologie, das ist: Verzeichniss der Bücher, Schriften und Abhandlungen, welche von den Künsten, den Manufakturen und Fabriken, der Handlung, den Handwerken und sonstige Nahrungszweigen, als auch von denen zum wissenschaftlichen Betriebe derselben erforderlichen Kenntnissen aus dem Naturreiche, der Mathematik, Physik und Chemie handeln*, Berlin en Stettin 1795 (reprint Hildesheim 1972).
- SAGE, (B.G.), *Analyse chimique et concordance des trois règnes*, I, Parijs 1786.
- SCHACHT, Th., *Ueber Zweck und Einrichtung der höhern Gewerbschule des Grossherzogthums Hessen und der damit verbundenen Realschule zu Darmstadt*, Darmstadt 1843.
- SCHIFF, J. ed., *Briefwechsel zwischen Goethe und Johann Wolfgang Döbereiner (1810-1830)*, Weimar 1914.
- SCHIMMER, G.A., 'Frequenz der Lehranstalten Oesterreich's von 1841 bis 1876, in Vergleichung zur Bevölkerung', *Statistische Monatsschrift* 3 (1877), 53-74.
- SCHMALZ, Th., *Encyclopädie der Cameralwissenschaften. Zum Gebrauch academischer Vorlesungen*, Königsberg 1797.
- SCHNEIDER, M. en W. SCHNEIDER ed., *Justus von Liebig. Briefe an Vieweg*, Braunschweig 1986.
- SCHÖDLER, F., *Die höheren technischen Schulen nach ihrer Idee und Bedeutung dargestellt und erläutert durch die Beschreibung der höheren technischen Lehranstalten zu Augsburg, Braunschweig, Carlsruhe, Cassel, Darmstadt, Dresden, München, Prag, Stuttgart und Wien*, Braunschweig 1847.
- SCHÖDLER, F., 'Das chemische Laboratorium unserer Zeit', *Westermann's Jahrbuch der illustrierten deutschen Monatshefte* 38 (1875), 21-47.
- SCHOLZ, B., *Lehrbuch der Chemie*, 2 dln., Wenen 1824-1825.
- SCHONCK, P.T. en P.J. CASTELEIN, 'Tweede antwoord op de vraag, voorgesteld door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Konsten en Wetenschappen, luidende: Welke zijn de eigenlijke Oorzaken, waarom de Scheikunde bij onze Nabuuren, en vooral bij de Duitschers, in meer aanzien, en algemeener oefening is, dan in ons Vaderland?..', *Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Konsten en Wetenschappen* 4 (1786), 109-183.
- SCHUBARTH, E.L., *Handbuch der technischen Chemie. Zum Gebrauch beim Unterricht im Königl. Gewerbinstitut und den Provinzial-Gewerbschulen des preuss. Staats*, 3e druk, 3 dln., Berlin 1839-1840.
- SCHUBARTH, E.L., *Handbuch der technischen Chemie und chemischen Technologie*, 4e druk, 3 dln., Berlin 1851.
- SCHUBARTH, E.L. (bearb.), *Repertorium der technischen Literatur die Jahre 1823 bis einschl. 1853 umfassend. Zum Gebrauche der Königlich technische Deputation für Gewerbe*, Berlin 1856.
- STEIN, W., *Die Organisation des chemischen Unterrichts*, Dresden 1857.
- STÖLLER, 'Nekrolog. Johann Christian Wiegleb', *Allgemeiner Journal der Chemie* 4 (1800), 684-700.
- SUCKOW, G.A., *Anfangsgründe der ökonomischen und technischen Chymie*, Leipzig 1784.
- THENARD, L.J., *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, 1ste druk, IV, Parijs

1816.

THENARD, L.J., *Traité de chimie élémentaire, théorique et pratique*, 2e druk, 4 dln., Parijs 1817-1818.

THENARD, L.J., *Traité de chimie élémentaire théorique et pratique*, 2 dln., 8ste druk, Brussel 1829-1830.

TIEBOEL, B., 'Antwoord op de vraag, voorgesteld door het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Konsten en Wetenschappen: Welke zijn de eigenlijke Oorzaken, waarom de Scheikunde bij onze Nabuuren, en vooral bij de Duitschers, in meer aanzien, en algemeener oefening is, dan in ons Vaderland?..', *Verhandelingen van het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Konsten en Wetenschappen* 4 (1786), 1-107.

TROMMSDORFF, J.B., *Anleitung zur chemischen Analyse dem gegenwärtigen Zustand der Wissenschaft gemäss. Nach L.J. Thenard's Handbuch der theoretischen und praktischen Chemie*, Erfurt 1817.

TROMMSDORFF, J.B., 'Chronik des pharmaceutisch-chemischen Instituts zu Erfurt', *Neues Journal der Pharmacie* 13 (1826), 312-315.

TSCHELNITZ, S., *Farben-Chemie insbesondere der Oel- und Wasserfarben nach ihrem chemischen und physikalischen Verhalten, ihrer Darstellung und Verwendung, so wie ihren gewöhnlichen Verfälschungen, für Fabrikanten, Maler, Techniker*, Wenen 1857.

UTZSCHNEIDER, J. von, 'Bekanntmachung. Die Inscription zur polytechnischen Central-Schule in München betreffend', *Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern* 13 (1827), 629.

UTZSCHNEIDER, J. von, 'Bekanntmachung', *Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern* 13 (1827), 696.

'Verzeichniss der Lehrkräfte der Chemie an den Universitäten und technischen Hochschulen von Deutschland, Deutsch-Oesterreich und der Schweiz', *Deutscher Chemiker-Kalender* 1 (1875), 75-77.

VIEBAHN, G. von, *Statistik des zollvereinten und nördlichen Deutschlands*, 3 dln., Berlin 1868.

VOORTHUYSEN HZ., E. van, 'Voorschriften voor het technische onderwijs in Oostenrijk en Sardinië', *Tijdschrift ter Bevordering van Nijverheid* 18 (1855), 76-101.

WAGEMANN, O.C., *Die Chemie und die chemische Industrie*, Phil. Diss. Universität Göttingen, Göttingen 1856.

WAGNER, J.R., *Technologische Studien auf der allgemeinen Kunst- und Industrieausstellung zu Paris im Jahre 1867*, Leipzig 1868.

WALLACH, O. ed., *Briefwechsel zwischen J. Berzelius und F. Wöhler*, 2 dln., Leipzig 1901, reprint Wiesbaden 1966.

WIEGLEB, J.C., *Historisch-kritische Untersuchung der Alchemie, oder der eingebildeten Goldmacherkunst; von ihrem Ursprunge sowohl als Fortgange, und was nun von ihr zu halten sey*, 1777 (reprint Leipzig 1965).

WURTZ, A., *Histoire des doctrines chimiques depuis Lavoisier jusqu'à nos jours*, Parijs 1869.

WURTZ, A., *Les hautes études pratiques dans les universités Allemandes. Rapport présenté à son Exc. M. le Ministre de l'Instruction Publique*, Parijs 1870.

WURZER, F., *Handbuch der populären Chemie, zum Gebrauch bey Vorlesungen und zur Selbstbelehrung bestimmt*, Leipzig 1806.

- ZIERL, (L.), 'Ueber polytechnische und Gewerbschulen', *Kunst- und Gewerbe-Blatt des polytechnischen Vereins für das Königreich Bayern* 18 (1832), 357-363.
- ZUCHOLD, E.A., *Bibliotheca Chemica. Verzeichniss der auf dem Gebiete der reinen, pharmaceutischen, physiologischen und technischen Chemie in den Jahren 1840 bis Mitte 1858 in Deutschland und im Auslande erschienenen Schriften*, Göttingen 1859.

## Secundaire literatuur

- ABE, H.R., 'Zur Geschichte des 'Chemisch-physikalisch-pharmazeutischen Instituts' von Johann Bartholomäus Trommsdorff in Erfurt (1795-1828), der ersten modernen chemisch-pharmazeutischen Lehranstalt auf deutschem Boden', *Beiträge zur Geschichte der Universität Erfurt (1392-1816)*, Heft 16 (1971/72), 217-244.
- ABE, H.R., 'Die Schüler des Trommsdorffschen Instituts in Erfurt (1795-1828)', *Beiträge zur Geschichte der Universität Erfurt (1392-1816)*, Heft 16 (1971/72), 263-294.
- ABE, H.R., 'Zur Geschichte der ersten pharmazeutischen Lehranstalten Deutschlands', *Medicamentum (Berlin)* 17 (1976), 93-95.
- ABE, H.R., 'Die Pharmazeuten-Ausbildung an den einschlägigen deutschen Privatinstitutionen des ausgehenden 18. und beginnenden 19. Jahrhunderts', *Pharmazeutische Praxis* 34 (1979), 165-167.
- Academiae Analecta*, Brussel 1986 (= *Mededelingen van de Koninklijke Academie voor Wetenschappen, Letteren en Schone Kunsten van België. Klasse der Wetenschappen*, 48 (4)).
- ALBRECHT, H., 'Zwischen Traditionalismus und Neuorientierung: Der Weg des Braunschweiger Collegium Carolinum zur Polytechnischen Schule (1814-1862)', *Braunschweigisches Jahrbuch* 63 (1982), 53-88.
- ALBRECHT, H., *Catalogus Professorum der Technischen Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig. Teil 1: Lehrkräfte am Collegium Carolinum 1745-1877*, Braunschweig 1986 (= *Beiträge zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina*, Bd. 7).
- ALBRECHT, H., *Technische Bildung zwischen Wissenschaft und Praxis. Die Technische Hochschule Braunschweig 1862-1914*, Hildesheim 1987 (= *Veröffentlichungen der Technische Universität Carolo-Wilhelmina zu Braunschweig*, Bd. 1).
- Allgemeine Deutsche Biographie*, 56 dln., Leipzig 1875-1912.
- BACKER, H.J., *Oude chemische werktuigen en laboratoria van Zosimos tot Boerhaave*, Groningen 1918.
- BARBIAN, J.-P., 'Deutsch-französische Beziehungen in der Wissenschaft und Technologie des 18. und frühen 19. Jahrhunderts. Das Beispiel der montanwissenschaftlichen Ausbildung', *Technikgeschichte* 56 (1989), 305-328.
- BAUER, H., 'Zur Geschichte des Chemieunterrichts an allgemeinbildenden Schulen im deutschen Sprachraum', *Mitteilungen. Herausgegeben von der Fachgruppe 'Geschichte der Chemie' in der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 4 (1990), 3-12.
- BAUERNFEIND, K.M., 'Johannes Scharrer, 1785-1844', *Allgemeine Deutsche Biographie* dl. 30, Leipzig 1890, 601-612.
- BAUMGART, F., *Zwischen Reform und Reaktion. Preussische Schulpolitik, 1806-1859*, Darmstadt 1990.

- BECK, U. en M. BRATER ed., *Die soziale Konstitution der Berufe. Materialien zu einer subjektbezogenen Theorie der Berufe. Band 1*, Frankfurt a/M en München 1977.
- BECK, U. en M. BRATER, 'Problemstellungen und Ansatzpunkte einer subjektbezogenen Theorie der Berufe' in U. Beck en M. Brater ed., *Die soziale Konstitution der Berufe*, Frankfurt a/M en München 1977, 5-62.
- BECK, U., M. BRATER en H. DAHEIM, *Soziologie der Arbeit und Berufe*, 1980.
- BECKERT, M., *Johann Beckmann*. Leipzig 1983 (= *Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner*, Bd. 68).
- BEER, J.J., *The emergence of the German dye industry*, Urbana 1959 (= *Illinois Studies in the Social Sciences*, Bd. 44) (reprint New York 1981).
- BEER, J.J. en W.D. LEWIS, 'Aspects of the professionalization of science', *Daedalus* 92 (1963), 764-784.
- BELHOSTE, B., 'Les caractères généraux de l'enseignement secondaire scientifique de la fin de l'Ancien Régime à la Première Guerre mondiale', *Histoire de l'éducation*, no. 41 (1989), 1-45.
- BELHOSTE, B., 'Les origines de l'École Polytechnique. Des anciennes écoles d'ingénieurs à l'École centrale des Travaux publics', *Histoire de l'éducation*, no. 42 (1989), 13-53.
- BELHOSTE, B., A. PINCON en J. SAKAROVITCH, 'Les exercices dans les écoles d'ingénieurs sous l'Ancien Régime et la Révolution', *Histoire de l'éducation*, no. 46 (1990), 53-109.
- BELT, H. van den, et. al., 'De ontwikkeling van de kleurstofindustrie. Onderzoeksproject van het Wetenschap en Samenleving-Programma van de K.U. Nijmegen', eindrapport Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen 1984.
- BEN-DAVID, J., 'The profession of science and its powers', *Minerva* 10 (1972), 362-383.
- BEN-DAVID, J., *The scientist's role in society: A comparative study*, 2e druk, Chicago en Londen 1984.
- BENSAUDE-VINCENT, B., 'A view of the chemical revolution through contemporary textbooks: Lavoisier, Fourcroy and Chaptal', *British Journal for the History of Science* 23 (1990), 435-460.
- BERETTA, M., 'T.O. Bergman and the definition of chemistry', *Lychnos* 1988, 37-67.
- BERETTA, M., 'The historiography of chemistry in the eighteenth century: a preliminary survey and bibliography', *Ambix* 39 (1992), 1-10.
- BERGHOFF-ISING, F., 'Die Grossherzoglich Hessische Technische Hochschule zu Darmstadt' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 276-289.
- BERNAL, J.D., *De wetenschap als maatschappelijk proces*, 4 dln., Utrecht en Antwerpen 1971.
- BESSLER, O. en E. MAYR, 'Chemie und pharmazeutische Chemie an der Universität Leipzig und die Ausbildung der Apotheker', *Die Pharmazie* 22 (1967), 606-610.
- BESTMANN, U., F. IRSIGLER en J. SCHNEIDER ed., *Hochfinanz, Wirtschaftsräume, Innovationen. Festschrift für Wolfgang von Stromer*, 3 dln., Trier 1987.
- BETTEX, A., *De ontdekking der natuur*, 2e druk, Hoofddorp 1977.
- BIERMAN, A.I., *Van artsenijsmengkunde naar artsenijsbereidkunde. Ontwikkelingen van de Nederlandse farmacie in de negentiende eeuw*, Amsterdam 1988 (= *Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen*, Bd. 27).
- BIHL, A., 'Aus der Geschichte des deutschen technischen Hochschulwesens im alten Österreich', *Technikgeschichte. Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie* 30 (1941), 164-171.

- BIJKER, W.E., T.P. HUGHES en T. PINCH ed., *The social construction of technological systems. New directions in the sociology and history of technology*, Cambridge (Mass.) 1987.
- BIRK, A., *Die Deutsche Technische Hochschule in Prag, 1806-1931*, Praag 1931.
- BLAKE, J.B. ed., *Safeguarding the public. Historical aspects of medicinal drug control*, Baltimore en Londen 1970.
- BLANKERTZ, H., 'Zur Geschichte der Berufsausbildung' in H.-H. Groothoff ed., *Die Handlungs- und Forschungsfelder der Pädagogik (Differentielle Pädagogik)*, 1979, 256-284.
- BLUM, O., 'Technische Hochschule Hannover' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 191-200.
- BOAS HALL, M., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *British Journal for the History of Science* 17 (1984), 89.
- BOEHM, L. en R.A. MULLER ed., *Universitäten und Hochschulen in Deutschland, Österreich und der Schweiz. Eine Universitätsgeschichte in Einzeldarstellungen*, Düsseldorf 1983.
- BOEHM, L. en J. SPÖRL ed., *Die Ludwig-Maximilians-Universität in ihren Fakultäten*, 2 dln., Berlijn 1972.
- BOHM, W., 'Die Gründung der Landwirtschaftlichen Lehranstalt am Collegium Carolinum. Ein Beitrag zur Wirkungsgeschichte Carl Sprengels während seiner Tätigkeit in Braunschweig 1831-1839' in *Referate beim Workshop zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina am 27. Juni 1988*, Braunschweig 1988, 93-104.
- BÖHME, H., *Prolegomena zu einer Sozial- und Wirtschaftsgeschichte Deutschlands im 19. und 20. Jahrhundert*, Frankfurt a/M 1968.
- BÖHME, H. ed., *100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt*, Darmstadt 1977 (= *Jahrbuch 1976/77*).
- BOHTLINGK, A., 'Karl Friedrich Nebenius und das Karlsruher Polytechnikum' in *Die Grossherzogliche Technische Hochschule Karlsruhe. Festschrift zur Einweihung der Neubauten in Mai 1899*, z.p., z.j., 1-5.
- BORSCHIED, P., 'Die Chemie Süddeutschlands im Spannungsfeld von Wissenschaft, Technik und Staat, 1850-1914' in P. Lundgreen ed., *Zum Verhältnis von Wissenschaft und Technik*, Bielefeld 1976, 239-259.
- BORSCHIED, P., *Naturwissenschaft, Staat und Industrie in Baden (1848-1914)*, Stuttgart 1976 (= *Industrielle Welt*, Bd. 17).
- BORSCHIED, P., 'Fortschritt und Widerstand in den Naturwissenschaften. Die Chemie in Baden und Württemberg, 1850-1865' in U. Engelhardt, V. Sellers en H. Stuke ed., *Soziale Bewegung und politische Verfassung*, Stuttgart 1976, 755-769.
- BORST, O., *Schule des Schwabenlands. Geschichte der Universität Stuttgart*, Stuttgart 1979 (= *Die Universität Stuttgart*, Bd. 1).
- BOSL, K. ed., *Bosls bayerische Biographie: 8000 Persönlichkeiten aus 15 Jahrhunderten*, Regensburg 1983.
- BOSMAN-JELGERSMA, H., *Poeders, pillen en patiënten. Apothekers en hun zorg voor de gezondheid door de eeuwen heen*, Amsterdam 1983.
- BOWEN, J., *A history of Western education. Vol. 3. The modern West: Europe and the New World*, Londen 1981 (reprint 1986).
- BRADLEY, M., 'Scientific education versus military training: the influence of Napoleon Bonaparte on the École Polytechnique', *Annals of Science* 32 (1975), 415-449.
- BRADLEY, M., 'Scientific education for a new society. The Ecole Polytechnique 1795-

- 1830', *History of Education* 5 (1976), 11-24.
- BRADLEY, M., 'The facilities for practical instruction in science during the early years of the Ecole Polytechnique', *Annals of Science* 33 (1976), 425-446.
- BRADLEY, M., 'The financial basis of French scientific education and scientific institutions in Paris, 1790-1815', *Annals of Science* 36 (1979), 451-491.
- BRANDT, P. (bearb.), *Preussen. Zur Sozialgeschichte eines Staates. Eine Darstellung in Quellen*, Reinbek 1981 (= *Preussen. Versuch einer Bilanz*, Bd. 3).
- BRAUER, 'Entwicklungsgang der Technischen Hochschule' in *Die Grossherzogliche Technische Hochschule Karlsruhe. Festschrift zur Einweihung der Neubauten in Mai 1899*, z.p., z.j., 6-11.
- BRAUER, K., 'Goethes Briefwechsel mit Wackenroder' in J. Ruska ed., *Studien zur Geschichte der Chemie*, Berlin 1927, 159-175.
- BRAUN, H.-J., 'Professionalisierungsprozess, sozialökonomische Interessen und 'Standesfragen': zur Sozialgeschichte des Ingenieurs 1850-1914' in V. Schmidtchen en E. Jäger ed., *Wirtschaft, Technik und Geschichte*, Berlin 1980, 317-332.
- BRAUN, H.-J. en R.H. KLUWE ed., *Entwicklung und Selbstverständnis von Wissenschaften: Ein interdisziplinäres Colloquium*, Frankfurt a/M 1985 (= *Studien zur Technik-, Wirtschafts- und Sozialgeschichte*, Bd. 1).
- BRINKMAN, A.A.A.M., *Chemie in de kunst*, Amsterdam 1975 (= *Chemie en Techniek Cahier*, nr. 1).
- BRINKMAN, A.A.A.M., *De alchemist in de prentkunst*, Amsterdam 1982 (= *Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de Geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen*, Bd. 5).
- BROCK, W.H., 'Liebig's laboratory accounts', *Ambix* 19 (1972), 47-58.
- BROCK, W.H., 'From Liebig to Nuffield: a bibliography of the history of science education', *Studies in Science Education* 2 (1975), 67-99.
- BROCK, W.H., 'Liebigiana: old and new perspectives', *History of Science* 19 (1981), 201-218.
- BROCK, W.H., 'History of chemistry' in P. Corsi en P. Weindling ed., *Information sources in the history of science and medicine*, Londen 1983, 317-346.
- BROCK, W.H., 'Science education' in R.C. Olby et. al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990, 946-959.
- BROCK, W.H. en S. STARK, 'Liebig, Gregory and the British Association, 1837-1841', *Ambix* 37 (1990), 134-147.
- BROWNE, C.A., 'The life and chemical services of Fredrick Accum', *Journal of chemical education* 2 (1925), 829-851, 1008-1034, 1140-1149.
- BROWNE, C.A., 'Recently acquired information concerning Frederick Accum, 1769-1838', *Chymia* 1 (1948), 1-9.
- BRUNNER, O., W. CONZE en R. KOSELLECK ed., *Geschichtliche Grundbegriffe. Historisches Lexikon zur politisch-sozialen Sprache in Deutschland*, 6 dln., Stuttgart 1972-1990 (nog niet voltooid).
- BUCHINGER, H., *Die Geschichte der bayerischen Realschule. Erster Teil: Die Entwicklung der bayerischen Realschule von ihren Anfängen bis zur Errichtung der Oberrealschule im Jahre 1907*, Passau 1983 (= *Schriften der Universität Passau - Reihe Geisteswissenschaften*, Bd. 4).
- BUD, R.F., 'The discipline of chemistry: the origins and early years of the Chemical Society of London', Ph. Diss. University of Pennsylvania, Philadelphia 1980 (University Microfilm International, Ann Arbor)

- BUD, R.F., 'The Chemical Society - a glimpse at the foundations', *Chemistry in Britain* 27 (1991), 230-232.
- BUD, R.F. en G.K. ROBERTS, *Science versus practice. Chemistry in Victorian Britain*, Manchester 1984.
- BUD, R.F. en G.K. ROBERTS, 'Chemistry and the concepts of pure and applied science in nineteenth century Britain', *Memori di Scienza, Fisiche et Naturali* 1988, 19-33.
- BÜCHI, J., 'Die Abteilung für Pharmazie' in *Eidgenössische Technische Hochschule, 1855-1955*, Zürich 1955, 470-480.
- BÜRGER, H., 'Zur Entwicklung des Mathematikunterrichts in Österreich unter besonderer Berücksichtigung der Zeit seit 1945' in J.G. Prinz von Hohenzollern en M. Liedtke ed., *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Wissenskumulation. Geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Auswirkungen*, Bad Heilbrunn/Obb. 1988, 317-333.
- BURCHARDT, L., 'Wissenschaft und Wirtschaftswachstum: Industrielle Einflussnahmen auf die Wissenschaftspolitik im Wilhelminischen Deutschland' in U. Engelhardt, V. Sellers en H. Stuke ed., *Soziale Bewegung und politische Verfassung*, Stuttgart 1976, 770-797.
- BURCHARDT, L., 'Die Ausbildung des Chemikers im Kaiserreich', *Zeitschrift für Unternehmensgeschichte* 23 (1978), 31-53.
- BURCHARDT, L., 'Die Zusammenarbeit zwischen Hochschulchemie und chemischen Verbänden in Wilhelminischen Deutschland', *Technikgeschichte* 46 (1979), 192-211.
- BURCHARDT, L., 'Professionalisierung oder Berufskonstruktion? Das Beispiel des Chemikers im Wilhelminischen Deutschland', *Geschichte und Gesellschaft* 6 (1980), 326-348.
- BURNS, D.T., 'Highlights in the history of quantification in chemistry', *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 337 (1990), 205-212.
- BUTTERFIELD, H., *The origins of modern science, 1300-1800*, Londen 1949 (reprint Londen 1968).
- CALVERT, M.A., *The mechanical engineer in America, 1830-1910. Professional cultures in conflict*, Baltimore 1967.
- CASSIDY, D.C., 'Recent German perspectives on German technical education', *Historical Studies in the Physical Sciences* 14 (1984), 187-200.
- CHANNELL, D.F., *The history of engineering science. An annotated bibliography*, New York en Londen 1989.
- CHILTON, D. en N.G. COLEY, 'The laboratories of the Royal Institution in the nineteenth century', *Ambix* 27 (1980), 173-203.
- CHRISTIE, J.R.R. en J.V. GOLINSKI, 'The spreading of the word: new directions in the historiography of chemistry 1600-1800', *History of Science* 20 (1982), 235-266.
- CHRISTOPHE, R., 'L'analyse volumétrique de 1790 à 1860. Caractéristiques et importance industrielle. Évolution des instruments', *Revue d'Histoire des Sciences* 24 (1971), 25-44.
- CLOW, A. en N.L. CLOW, *The Chemical Revolution: a contribution a social technology*, Londen 1952 (reprint New York 1970).
- COCKS, G en K.H. JARAUSCH ed., *German professions, 1800-1950*, Oxford en New York 1990.
- COHEN, J.M., *The life of Ludwig Mond*, Londen 1956.
- COLE, R.J., 'Friedrich Accum (1769-1838). A biographical study', *Annals of Science* 7 (1951), 128-143.
- COLEMAN, W. en F.L. HOLMES ed., *The investigative enterprise. Experimental physiology in nineteenth-century medicine*, Berkeley 1988.

- COLNORT-BODET, S., *Le code alchimique dévoilé. Distillateurs, alchimistes et symbolistes*, Parijs 1989.
- CONRAD, J., *Das Universitätsstudium in Deutschland während der letzten 50 Jahre. Statistische Untersuchungen unter besonderer Berücksichtigung Preussens*, Jena 1884 (= *Sammlung nationalökonomischer und statistischer Abhandlungen des staatswissenschaftlichen Seminars zu Halle a.d.S.*, Bd. 3, Heft 2).
- CONRAD, J., 'Einige Ergebnisse der deutschen Universitätsstatistik', *Jahrbücher für Nationalökonomie und Statistik* 32 (1906), 433-492.
- CONRAD, W., 'Justus von Liebig und sein Einfluss auf die Entwicklung des Chemiestudiums und des Chemieunterrichts an Hochschulen und Schulen', Dr. Phil. dissertatie Technische Hochschule Darmstadt, Darmstadt 1985.
- CONZE, W., 'Beruf' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, I, Stuttgart 1972, 490-507.
- CONZE, W. en J. KOCKA ed., *Bildungsbürgertum im 19. Jahrhundert. Teil I: Bildungssystem und Professionalisierung in internationalen Vergleichen*, Stuttgart 1985 (= *Industrielle Welt*, Bd. 38).
- CONZE, W. en J. KOCKA, 'Einleitung' in W. Conze. en J. Kocka ed., *Bildungsbürgertum im 19. Jahrhundert. Teil I: Bildungssystem und Professionalisierung in internationalen Vergleichen*, Stuttgart 1985, 9-26.
- CORSI, P. en P. WEINDLING ed., *Information sources in the history of science and medicine*, Londen 1983.
- COUDERT, A., *Alchemy: the philosopher's stone*, Boulder 1980.
- CRELLIN, J.K., 'Letters to the Editor. Portable chemical chests', *Ambix* 14 (1967), 60.
- CROSLAND, M.P., *Historical studies in the language of chemistry*, Londen 1962 (reprint New York 1978).
- CROSLAND, M.P., 'The rise and decline of France as a scientific centre', *Minerva* 8 (1970), 453-454.
- CROSLAND, M.P., 'Introduction' in M.P. Crosland ed., *The emergence of science in Western Europe*, Londen en Basingstoke 1975, 1-13.
- CROSLAND, M.P., 'The development of a professional career in science in France', *Minerva* 13 (1975), 38-57 (ook in M.P. Crosland ed., *The emergence of science in Western Europe*, Londen en Basingstoke 1975, 139-159).
- CROSLAND, M.P., 'Science and the Franco-Prussian war', *Social Studies of Science* 6 (1976), 185-214.
- CROSLAND, M.P., *Gay-Lussac. Scientist and bourgeois*, Cambridge 1978.
- CROSLAND, M.P., 'Gay-Lussac, une étape dans la professionnalisation de la science', *La Recherche*, 9 (1978), 625-633.
- CROSLAND, M.P., 'The Chemical Revolution of the eighteenth century and the eclipse of alchemy in the 'Age of Enlightenment' ' in Z.R.W.M. von Martels ed., *Alchemy revisited*, Leiden 1990, 67-77.
- CROSLAND, M.P., 'The history of chemistry seen in a broader context', *Impact of science on society* 40 (1990), 227-236.
- CZOK, K. ed., *Wissenschafts- und Universitätsgeschichte in Sachsen im 18. und 19. Jahrhundert. Nationale und internationale Wechselwirkung und Ausstrahlung*, Berlijn 1987 (= *Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig. Philologisch-historische Klasse*, Bd. 71.III).

DAHEIM, H., 'Berufssoziologie' in R. König ed., *Beruf. Industrie. Sozialer Wandel in*



- unterentwickelten Ländern, 2e druk, Stuttgart 1977, 1-100
- DAMM, P F , *Die Technischen Hochschulen Preussens Ihre Entwicklung und gegenwärtige Verfassung*, Berlin 1909
- DANN, G E ed , *Die Vorträge der Hauptversammlung der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie e.V. während des Internationalen Pharmaziegeschichtlichen Kongresses in Rotterdam vom 17-21 September 1963*, Stuttgart 1965 (= *Veröffentlichungen der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie e V* , N F Bd 26)
- Darstellungen aus der Geschichte der Technik, der Industrie und Landwirtschaft im Bayern Festgabe der Königlichen Technischen Hochschule in München zur Jahrhundertfeier der Annahme der Königswürde durch Kurfürst Maximilian IV Joseph von Bayern*, München en Berlin 1906
- DAUBEN, J W , 'Progress of mathematics in the early 19th century context, contents and consequences', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 235-260
- DEBUS, A G , *The English Paracelsians*, New York 1966
- DEBUS, A G , 'The significance of chemical history', *Ambix* 32 (1985), 1-14
- DEBUS, A G , 'Chemistry and the universities in the seventeenth century' in *Academiae Analecta*, Brussel 1986, 13-33
- DEBUS, A G , 'The chemical philosophy and the Scientific Revolution' in W R Shea ed , *Revolutions in science their meaning and relevance*, Canton (MA) 1988, 27-48
- DEBUS, A G , 'Iatrochemistry and the Chemical Revolution' in Z R W M von Martels ed , *Alchemy revisited Proceedings of the International Conference on the History of Alchemy at the University of Groningen, 17-19 April 1989*, Leiden 1990, 51-66
- DĚDEK, V , 'Vývoj výuky organické chemie na vysoké škole technické v Praze', *Chemické listy* 81 (1987), 522-537
- DEPPE, H -U en M REGUS ed , *Seminar Medizin, Gesellschaft, Geschichte Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Medizinsoziologie*, Frankfurt a/M 1975
- Derde gedenkboek van de Rijks Hoogere Burgerschool te Groningen Uitgegeven bij het 50-jarig bestaan van de school*, Groningen 1914
- Deutsche Apotheker-Biographie* (uitgegeven door W -H Hein en H -D Schwarz), 2 dln en Ergänzungsband, Stuttgart 1975-1986
- Deutscher Biographischer Index*, 4 dln , München 1986
- Deutsches Biographisches Archiv eine Kumulation aus 254 der wichtigsten biographischen Nachschlagewerke für den deutschen Bereich bis zum Ausgang des neunzehnten Jahrhunderts*, 1431 microfiches, München 1982 1986
- Die deutschen technischen Hochschulen Ihre Gründung und geschichtliche Entwicklung*, München 1941
- Dictionary of scientific biography* (C C Gillispie ed ), 16 dln , New York 1970-1980
- DINGWALL, R en Ph LEWIS ed , *The sociology of the professions lawyers, doctors and others*, Londen en Basingstoke 1983
- DISCO, C , 'Made in Delft professional engineering in the Netherlands 1880-1940', proefschrift Universiteit van Amsterdam 1990
- DOBBS, B J T , 'From the secrecy of alchemy to the openness of chemistry' in T Frängsmyr ed , *Solomon's house revisited The organization and institutionalization of science*, Canton (MA) 1990, 75-94
- DOBLING, H , *Die Chemie in Jena zur Goethezeit*, Jena 1928 (= *Zeitschrift des Vereins für Thüringische Geschichte und Altertumskunde*, n F , 13. Beiheft).

- DOERR, W. ed., *Semper Apertus. Sechshundert Jahre Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 1386-1986*, 6 dln., Berlin 1985.
- DONOVAN, A.L., *Philosophical chemistry in the Scottish Enlightenment. The doctrines and discoveries of William Cullen and Joseph Black*, Edinburgh 1975.
- DONOVAN, A.L. ed., *The Chemical Revolution: essays in reinterpretation*, Philadelphia 1988 (= *Osiris*, 2e serie, Bd. 4).
- DONOVAN, A.L., 'Lavoisier and the origins of modern chemistry', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 214-231.
- DONOVAN, A.L., 'Lavoisier as chemist and experimental physicist: a reply to Perrin', *Isis* 81 (1990), 270-272.
- DOSI, G., 'Technological paradigms and technological trajectories: a suggested interpretation of the determinants and directions of technical change', *Research Policy* 11 (1982), 147-162.
- DRESSEN, H.J., 'Die Hierarchisierung der Ingenieurberufe. Zur sozialen Konstruktion von Berufshierarchien am Beispiel der Abgrenzung von diplomierten und Fachschulingenieuren in Deutschland um die Jahrhundertwende' in U. Beck en M. Brater ed., *Die soziale Konstitution der Berufe*, Frankfurt a/M en München 1977, 63-134.
- DÜWELL, K., 'Gründung und Entwicklung der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen bis zu ihrem Neuaufbau nach dem Zweiten Weltkrieg. Darstellung und Dokumente' in H.M. Klinkenberg, *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 1870-1970*, Stuttgart 1970, 19-176.
- DYCK, W. von, 'Einleitung' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 3-46.
- DYCK, W. von, 'Die Königlich Bayerische technische Hochschule zu München' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 224-238.
- DYCK, W. von, 'Einleitung. Die Technik in Bayern zur Zeit der Regierung Maximilian Joseph I' in *Darstellungen aus der Geschichte der Technik, der Industrie und Landwirtschaft im Bayern*, München en Berlin 1906, v-xv.
- EGGLMAIER, H.H., 'Deutsche pharmazeutische Institute im Urteil eines österreichischen Pharmazeuten. Ein Bericht Professor Martin S. Ehrmann über die auf seinen Reisen 1848 besuchten deutschen pharmazeutischen Institute', *Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften* 4 (1984), 119-128.
- Eidgenössische Technische Hochschule, 1855-1955, École Polytechnique Fédérale*, Zürich 1955.
- ELZER, H.-M., 'Aufklärungspädagogik' in W. Horney, J.P. Ruppert en W. Schultze ed., *Pädagogisches Lexikon*, I, Gütersloh 1970, 209.
- ELZER, H.-M., 'Neuhumanismus' in W. Horney, J.P. Ruppert en W. Schultze ed., *Pädagogisches Lexikon*, II, Gütersloh 1970, 459-462.
- EMERSON, R.L., 'The organisation of science and its pursuit in early modern Europe' in R.C. Olby et. al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990, 960-979.
- ENGEL, M., 'Aus der Frühgeschichte der Biochemie in Berlin, 1790-1850', *Mitteilungen. Herausgegeben von der Fachgruppe 'Geschichte der Chemie' in der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 3 (1989), 11-26.
- ENGELHARDT, U., V. SELLERS en H. STUKE ed., *Soziale Bewegung und politische Verfassung. Beiträge zur Geschichte der modernen Welt*, Stuttgart 1976.
- ENGLER, (C.), 'Abteilung für Chemie. Entwicklungsgang der Abteilung' in *Die Grossher-*

- zogliche Technische Hochschule Karlsruhe. Festschrift zur Einweihung der Neubauten in Mai 1899, z.p., z.j., 57-60.
- 'Entwicklung der Technischen Hochschule von der Gründung bis zur Gegenwart, 1825-1892' in *Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden*, Karlsruhe 1892, vii-xcii.
- EUGSTER, C.H., '150 Jahre Chemie an der Universität Zürich', *Chimia* 37 (1983), 194-237.
- EULEN, F., 'Die Technologie als ökonomische und technische Wissenschaft an deutschen Universitäten des 18. Jahrhunderts', *Technikgeschichte* 36 (1969), 245-256.
- EULEN, F., 'Die patriotischen Gesellschaften und ihre Bedeutung für die Aufklärung' in V. Schmidtchen en E. Jäger ed., *Wirtschaft, Technik und Geschichte*, Berlijn 1980, 173-186.
- EULENBURG, F., *Die Frequenz der deutschen Universitäten von ihrer Gründung bis zur Gegenwart*, Leipzig 1904 (= *Abhandlungen der philologisch-historischen Klasse der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Bd. 24.II).
- FARRAR, W.V., 'Science and the German university system, 1790-1850' in M.P. Crosland ed., *The emergence of science in Western Europe*, Londen en Basingstoke 1975, 179-192.
- FARRAR, W.V., K.R. FARRAR en E.I. SCOTT, 'The Henrys of Manchester. Part 5: William Henry: Contagion and cholera; the textbook', *Ambix* 23 (1976), 27-52.
- FAUVEL, J. et. al. (ed.), *Let Newton be!*, Oxford en New York 1988.
- FEIGE, R., 'Industrial revolution and technical education in Saxony' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 59-63.
- FENBY, D.V., 'The lectureship in chemistry and the chemical laboratory, University of Glasgow, 1747-1818' in F.A.J.L. James ed., *The development of the laboratory*, Basingstoke en Londen 1989, 22-36.
- FERCHL, F., *Von Libau bis Liebig. Chemikerköpfe und -Laboratorien*, Mittenwald z.j. (1930).
- FERCHL, F., *Chemisch-Pharmazeutisches Bio- und Bibliographikon*, Mittenwald 1938 (reprint Vaduz 1984).
- FERGUSON, J., 'Some early treatises on technological chemistry', *Proceedings of the Royal Philosophical Society of Glasgow* 19 (1888), 126-159 en 25 (1894), 224-235.
- FESTER, G., *Die Entwicklung der chemischen Technik bis zu den Anfängen der Grossindustrie. Ein technologisch-historischer Versuch*, Berlijn 1923 (reprint Wiesbaden 1969).
- Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden. In Erhrucht dargebracht von der Technischen Hochschule in Karlsruhe*, Karlsruhe 1892.
- Festschrift anlässlich des 100jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe*, Karlsruhe 1925.
- Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover. 1831-1956*, Hannover 1956.
- FICK, R. ed., *Auf Deutschlands hohen Schulen. Eine illustrierte kulturgeschichtliche Darstellung deutschen Hochschul- und Studienwesens*, Berlijn en Leipzig 1900.
- FISCH, S., 'Lichtpunkt in unserer industriellen Dämmerung' - Entstehung und Bedeutung des (poly)technischen Vereinswesens in Bayern bis 1850' in R.A. Müller ed., *Aufsätze zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns 1750-1850*, München 1985, 492-498.

- FISCHER, F., *Das Studium der technischen Chemie an den Universitäten und technischen Hochschulen Deutschlands und das Chemiker-Examen*, Braunschweig 1897.
- FISCHER, F., *Chemische Technologie an den Universitäten und technischen Hochschulen Deutschlands*, Braunschweig 1898.
- FISCHER, F., 'Entwicklung der chemischen Industrie Deutschlands in den letzten 400 Jahren', *Zeitschrift für angewandte Chemie* 11 (1898), 687-697, 755-764.
- FISHER, N.W., 'The classification of the sciences' in R.C. Olby et. al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990, 853-868.
- FOLTA, J., 'Geometrical schools and their social background', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 305-315.
- FORBES, R.J., *A short history of the art of distillation, from the beginnings up to the death of Cellier Blumenthal*, Leiden 1948 (reprint 1970).
- FORGAN, S., 'Context, image and function: a preliminary enquiry into the architecture of scientific societies', *British Journal of the History of Science* 19 (1986), 89-113.
- FOX, R. en G. WEISZ ed., *The organization of science and technology in France 1808-1914*, Cambridge en Parijs 1980.
- FRÄNGSMYR, T. ed., *Solomon's house revisited: The organization and institutionalization of science*, Canton (MA) 1990.
- FRATZSCHER, W. en K. KRUG, 'Konzeption und Etappen in der Entwicklung der chemischen Technologie', *Chemische Technik* 37 (1985), 91-95.
- FREIDSON, E., 'The theory of professions: state of the art' in R. Dingwall en Ph. Lewis ed., *The sociology of the professions: lawyers, doctors and others*, Londen en Basingstoke 1983, 19-37.
- FRESENIUS, H., *Geschichte des Chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden während der zweiten 25 Jahre seines Bestehens*, Wiesbaden 1898.
- FRICKE, R., 'Die Herzoglich technische Hochschule 'Carolo-Wilhelmina' in Braunschweig' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlijn 1904, 290-301.
- FRIEDRICH, C., 'Deutsch-schwedische Wissenschaftsbeziehungen an der Universität Greifswald zwischen 1770 und 1850 unter besonderer Berücksichtigung von Chemie und Pharmazie', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 12 (1989), 177-192.
- FRITZ, B., 'Technische Hochschule Karlsruhe' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 201-210.
- FRUTON, J.S., *A bio-bibliography for the history of the biochemical sciences since 1800*, Philadelphia 1982.
- FRUTON, J.S., *A supplement to a bio-bibliography for the history of the biochemical sciences since 1800*, Philadelphia 1985.
- FRUTON, J.S., 'The Liebig research group - a reappraisal', *Proceedings of the American Philosophical Society* 132 (1988), 1-66.
- FRUTON, J.S., *Contrasts in scientific style. Research groups in the chemical and biochemical sciences*, Philadelphia 1990.
- FURTER, W.F. ed., *History of chemical engineering*, Washington 1980 (= *Advances in Chemistry Series*, Bd. 190).
- FURTER, W.F. ed., *A century of chemical engineering*, New York 1982.
- GAGO, R., 'The New Chemistry in Spain', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 169-192.
- GANSS, G.-A., 'Geschichte der pharmazeutischen Chemie an der Universität Göttingen, dargestellt in ihrem Zusammenhang mit der allgemeinen und der medizinischen

- Chemie', Inaugural-Dissertation Universität Göttingen, Göttingen 1937.
- GANZINGER, K., 'Über die ökonomische und sozialen Krise der deutschen Pharmazie an der Wende zum 19. Jahrhundert' in G.E. Dann ed., *Die Vorträge der Hauptversammlung der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie e.V. während des Internationalen Pharmaziegeschichtlichen Kongresses in Rotterdam vom 17.-21. September 1963*, Stuttgart 1965, 51-60.
- GEE, B., 'Amusement chests and portable laboratories: practical alternatives to the regular laboratory' in F.A.J.L. James ed., *The development of the laboratory*, Basingstoke en Londen 1989, 37-59.
- GEE, B. en W.H. BROCK, 'The case of John Joseph Griffin. From artisan-chemist and author-instructor to business-leader', *Ambix* 38 (1991), 29-62.
- GEHRING, P., 'Pläne eines Stuttgarter Polytechnikums von 1817. Ein Beitrag zur württembergischen Bildungspolitik zu Anfang des 19. Jahrhunderts', *Zeitschrift für württembergische Landesgeschichte* 27 (1968), 397-416.
- GEHRING, P., 'Professor Wucherer und seine Freiburger Polytechnische Schule von 1818. Ein Beitrag zur Gründungsgeschichte der Technischen Hochschule Karlsruhe', *Zeitschrift für Geschichte des Oberrheins* 116 (1968), 369-381.
- GERLACH, H.-H., *Atlas zur Eisenbahngeschichte: Deutschland, Österreich, Schweiz*, Zürich en Wiesbaden 1986.
- Gesamtverzeichnis des deutschsprachigen Schrifttums (GV) 1700-1910*, 161 dln., München 1979-1987.
- Geschichte der Naturwissenschaften, Lehrerbildung und chemische Industrie. Festkolloquium zum 65. Geburtstag von Herrn Prof. Dr. Fritz Welsch* (20. März 1990, Halle), Halle-Köthen 1991 (= *Manuskripte zur Chemiegeschichte*, Heft 2).
- GESS, F., 'Die Königlich Sächsische Technische Hochschule zu Dresden' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 239-245.
- GIBBS, F.W., 'Bryan Higgins and his circle', *Chemistry in Britain* 2 (1965), 60-65.
- GIEBELER, E.H.W. en K.A. ROSENBAUER ed., *Historia scientiae naturalis. Beiträge zur Geschichte der Laboratoriumstechnik und deren Randgebiete*, Darmstadt 1982.
- GISPEN, C.W.R., 'Technical Education and Social Status: The Emergence of the Mechanical Engineering Occupation in Germany: 1820-1890', Ph. Diss. University of California, Berkeley 1981 (University Microfilm International, Ann Arbor).
- GISPEN, C.W.R., 'German engineers and American social theory: historical perspectives on professionalization', *Comparative Studies in Society and History* 30 (1988), 550-574.
- GISPEN, C.W.R. (Kees), *New profession, old order: Engineers and German society, 1815-1914*, Cambridge 1989.
- GISPEN, C.W.R. (Kees), 'Engineers in Wilhelmian Germany: professionalization, deprofessionalization, and the development of nonacademic technical education' in G. Cocks en K.H. Jarausch ed., *German professions, 1800-1950*, Oxford 1990, 104-122.
- GLAS, E., 'De samenhang tussen sociale en cognitieve factoren in de 'Franse mathematische revolutie' (1794-1814)', *Kennis en methode* 10 (1986), 169-190.
- GLUBRECHT, H., 'Karl Karmarsch und die Idee der Universität' in R. Seidel et. al. (ed.), *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Hannover. Teil I: Universität Hannover 1831-1981*, Stuttgart 1981, 212-218.
- GÖTZ, W., *Zu Leben und Werk von Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770-1837). Darstellung anhand bisher unveröffentlichten Archivmaterials*, Würzburg 1977 (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie*, Bd. 16).
- GÖTZ, W., 'Zum Verhältnis zwischen Pharmazie und Staat. Ein Beitrag anhand der

- Diskussionen und Vorschläge zu Beginn des 19. Jahrhunderts', *Pharmazeutische Zeitung* 128 (1983), 2328-2337.
- GÖTZ, W., *Bibliographie der Schriften von Johann Bartholomäus Trommsdorff*, Stuttgart 1985 (= *Veröffentlichungen der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie*, n.F. Bd. 54).
- GOLINSKI, J.V., 'Peter Shaw: chemistry and communication in Augustan England', *Ambix* 30 (1983), 19-29.
- GOLINSKI, J.V., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 34 (1984), 262-264.
- GOLINSKI, J.V., 'The secret life of an alchemist' in J. Fauvel et. al. (ed.), *Let Newton be!*, Oxford en New York 1988, 147-167.
- GOLLOB, H., 'Zur Frühgeschichte der Technischen Hochschule in Wien' in H. Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien, 1815-1965*, Wenen 1965, I, 159-200.
- GOLTZ, D., 'Versuch einer Grenzziehung zwischen 'Chemie' und 'Alchemie' ', *Sudhoffs Archiv* 52 (1968), 30-47.
- GORZNY, W. (bearb.), *Deutsches Biographisches Archiv: eine Kumulation aus 254 der wichtigsten biographischen Nachschlagewerke für den deutschen Bereich bis zum Ausgang des neunzehnten Jahrhunderts*, 1431 microfiches, München 1982-1986.
- GORZNY, W. ed., *Deutscher Biographischer Index*, 4 dln., München 1986.
- GORZNY, W. (P. GEILS en H. SCHMUCK) (bearb.), *Gesamtverzeichnis des deutschsprachigen Schrifttums (GV) 1700-1910*, 161 dln., München 1979-1987.
- GOUBEAU, J., 'Die Anfänge der Chemie' in J.H. Voigt ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Stuttgart*, Stuttgart 1979, 223-240.
- GOUGH, J.B., 'Lavoisier and the fulfillment of the Stahlian revolution', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 15-33.
- GRAMMEL, R., 'Technische Hochschule Stuttgart' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 261-274.
- GRATTAN-GUINNESS, I., 'Recent researches in French mathematical physics of the early 19th century', *Annals of Science* 38 (1981), 663-690.
- GRATTAN-GUINNESS, I., 'Paris mathematics, 1795-1830: a study in competition', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 261-270.
- GREINER, A. en H. KLARE ed., *Chemiker über Chemiker. Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925. Von Eilhardt Mitscherlich bis Max Bodenstein*, Berlijn 1986 (= *Studien zur geschichte der Akademie der Wissenschaften der DDR*, Bd. 12).
- GRIMAU, É. en C. GERHARDT, *Charles Gerhardt. Sa vie, son oeuvre, sa correspondance, 1816-1856. Document d'histoire de la chimie*, Parijs 1900.
- GRIMM, C. ed., *Aufbruch ins Industriezeitalter*, 2 dln., München 1985 (= *Veröffentlichungen zur Bayerischen Geschichte und Kultur*, nr. 3/85).
- GROTHOFF, H.-H. ed., *Die Handlungsfelder der Pädagogik (Differenzielle Pädagogik)*, Koenigstein/Ts 1979 (= T. Ellwein, H.-H. Grothoff en H. Rauschenberger ed., *Erziehungswissenschaftliches Handbuch*, Bd. 5).
- Die Grossherzogliche Technische Hochschule Karlsruhe. Festschrift zur Einweihung der Neubauten in Mai 1899*, z.p., z.j..
- GRÜNER, G., *Die Entwicklung der höheren technischen Fachschulen im deutschen Sprachgebiet. Ein Beitrag zur historischen und zur angewandten Berufspädagogik*, Braunschweig 1967.
- GRUMBRECHT, A., 'Bergakademie Clausthal' in *Die deutschen technischen Hochschulen*,

- München 1941, 87-104.
- GUANINI, A., 'Higher education and the engineering profession in Italy: The Scuole of Milan and Turin, 1859-1914', *Minerva* 26 (1988), 512-548.
- GUÉDON, J.-C., 'Conceptual and institutional obstacles to the emergence of unit operations in Europe' in W.F. Furter ed., *History of chemical engineering*, Washington 1980, 45-75.
- GÜNTHER, S., 'Ein Rückblick auf die Anfänge des technischen Schulwesens in Bayern' in *Darstellungen aus der Geschichte der Technik, der Industrie und Landwirtschaft im Bayern*, München en Berlijn 1906, 1-16.
- GUGGENBÜHL, G., 'Geschichte der Eidgenössischen Technischen Hochschule in Zürich' in *Eidgenössische Technische Hochschule, 1855-1955*, Zürich 1955, 3-257.
- GUNTAU, M., 'Zu Problemen des Zusammenhanges von Geologie und Bergbauproduktion in der Zeit der beginnenden Industriellen Revolution', *NTM. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin* 15(2) (1978), 65-75.
- GUNTAU, M. en H. LAITKO ed., *Der Ursprung der modernen Wissenschaften: Studien zur Entstehung wissenschaftlicher Disziplinen*, Berlijn 1987.
- GUSTIN, B.H., 'The Emergence of the German chemical profession', Phil. Diss. University of Chicago, Chicago 1975.
- GUTBIER, A., *Goethe, Grossherzog Carl August und die Chemie in Jena. Rede gehalten zur Feier der akademischen Preisverteilung am 19. Juni 1926*, Jena 1926 (= *Jenaer Akademische Reden*, Heft 2).
- GUTTSTADT, A., *Die naturwissenschaftlichen und medicinischen Staatsanstalten Berlins. Festschrift für die 59. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte*, Berlijn 1886.
- GUYER A. EN A. BIELER, 'Die Abteilung für Chemie' in *Eidgenössische Technische Hochschule, 1855-1955*, Zürich 1955, 443-469.
- HABACHER, M., *Der Plan zur Berufung Justus von Liebig nach Wien 1840/41*, Wenen 1964 (= *Sitzungsberichte der philosophisch-historische Klasse der Österreichische Akademie der Wissenschaften*, Bd. 243.III).
- HABER, L.F., *The chemical industry during the nineteenth century. A study of the economic aspect of applied chemistry in Europe and North America*, Oxford 1958 (reprint 1969).
- HÄNSEROTH, Th. en K. MAUERSBERGER, 'Die Entwicklung der Technischen Hochschulen und ihrer Ausbildungskonzeptionen', *Wissenschaftliche Berichte der Technischen Hochschule Leipzig*, Heft 12, 1989, 20-40.
- HAHN, R., 'Science in the early 19th century: another view', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 59-74.
- HÁJEK, B., L. NIKLIČEK en I. MANNOVÁ, 'An analysis of the origin and development of Czech chemistry as a part of the formation of national science', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 9, Praag 1977, 111-132.
- HALASIK, A.M., *Der Chemieunterricht während des 19. Jahrhunderts im Rheinland. Beitrag zur Geschichte des Chemieunterrichts im 19. Jahrhundert, dargestellt an ausgewählten Beispielen aus dem Rheinland*, Witterschlick/Bonn 1988 (= *Beiträge zu Erziehungswissenschaften*, Bd. 2).
- HALL, V.M.D., 'Chemistry by location in Western and Central Europe' in C.A. Russell ed., *Recent developments in the history of chemistry*, Londen 1985, 253-287.
- HALLEUX, R., 'L'alchimiste et l'essayeur' in C. Meinel ed., *Die Alchemie in der europäischen Kultur- und Wissenschaftsgeschichte*, Wiesbaden 1986.

- HALLEUX, R., 'Modes de transmission du savoir chimique, alchimique et technologique, avant la création des chaires de chimie' in *Academiae Analecta*, Brussel 1986, 1-11.
- HAMANN, G. ed., *Aufsätze zur Geschichte der Naturwissenschaften und Geographie*, Wenen 1986 (= *Veröffentlichungen der Kommission für Geschichte der Mathematik, Naturwissenschaften und Medizin*, Bd. 44).
- HANNAWAY, O., *The chemists and the word. The didactic origins of chemistry*, Baltimore en Londen 1975.
- HANNAWAY, O., 'Laboratory design and the aim of science. Andreas Libavius versus Tycho Brahe', *Isis* 77 (1986), 585-610.
- HANTSCHK, C., 'Die Bedeutung J.J. Prechtl's (1778-1854) für die Entwicklung von Technik und Technikwissenschaften in Österreich, insbesondere für die Entwicklung der Technologie als Wissenschaftsfach' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 97-103.
- HANTSCHK, C., *Johann Joseph Prechtel und das Wiener Polytechnische Institut*, Wenen, Keulen en Graz 1988 (= *Perspectiven der Wissenschaftsgeschichte*, Bd. 3).
- HARFF, H., *Die Entwicklung der deutschen chemischen Fachzeitschrift. Ein Beitrag zur Wesensbestimmung der wissenschaftlichen Fachzeitschrift*, Berlijn 1941.
- HARNEY, K., 'Fortbildungsschulen' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 281-292.
- HAUPT, B., *Deutschsprachige Chemielehrbücher (1775-1850)*, Stuttgart 1987 (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie*, Bd. 35).
- HEIDUSCHKA, A., 'Die chemische Abteilung' in *Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule*, Dresden 1928, 107-128.
- HEIN, W.-H. en H.-D. SCHWARZ ed., *Deutsche Apotheker-Biographie*, 2 dln. en suppl., Stuttgart 1975-1986 (= *Veröffentlichungen der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie*, n.F. Bd. 43, 46 en 55).
- HENDERSON, W.O., 'The growth of technical education in France and the activities of French mining engineers on the Continent in the age of Napoleon' in K.-H. Manegold ed., *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik*, München 1969, 358-362.
- HENNING, F.-W., *Die Industrialisierung in Deutschland 1800 bis 1914*, 7e druk, Paderborn, München, Wenen en Zürich 1989 (= F.-W. Henning, *Wirtschafts- und Sozialgeschichte*, Bd. 2).
- HENNOCK, E.P., 'Technological education in England, 1850-1926: the uses of a German model', *History of Education* 19 (1990), 299-331.
- HENRICH, F., 'Zur Geschichte des chemischen Unterrichts in Deutschland', *Chemiker-Zeitung* 47 (1923), 585-587.
- HENRICH, W., 'Deutsche Technische Hochschule Prag' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 243-260.
- HERMANN, A. en F.R. WOLLMERSHAUSER, 'Die Entwicklung der Physik' in J.H. Voigt ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Stuttgart*, Stuttgart 1979, 241-276.
- HEUSER, E. en W. CAESAR, 'Briefwechsel Liebig-Otto. Probleme der organischen Chemie und der Toxikologie im 19. Jahrhundert', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 128 (1988), 2653-2655.
- HICKEL, E., *Arzneimittel-Standardisierung im 19. Jahrhundert in den Pharmakopöen Deutschlands, Frankreichs, Grossbritanniens und der Vereinigten Staaten von Amerika*,



- Stuttgart 1973.
- HICKEL, E., 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker mit Problemen der Industrialisierung im 19. Jahrhundert. Eine Dokumentation aus dem ehemaligen preussischen Geheimen Staatsarchiv', *Pharmazeutische Zeitung* 118 (1973), 1635-1644.
- HICKEL, E., 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker mit Problemen der Industrialisierung im 19. Jahrhundert. Teil II: Die Wissenschaftliche Deputation für das Medizinalwesen 1823-1833', *Pharmazeutische Zeitung* 119 (1974), 12-19.
- HICKEL, E., 'Die Auseinandersetzung deutscher Apotheker mit Problemen der Industrialisierung im 19. Jahrhundert. Teil III: Die Technische Kommission für Pharmazeutische Angelegenheiten und die Frage der Arzneimittelpreise 1832-1862', *Pharmazeutische Zeitung* 119 (1974), 1837-1839, 1851-1858.
- HICKEL, E., 'Friedrich Schödlers 'Buch der Natur' und der naturwissenschaftlichen Unterricht an Realschulen', *Jahrbuch der Vereinigung 'Freunde der Universität Mainz'* 1976/77, 21-37.
- HICKEL, E., 'Der Apothekerberuf als Keimzelle naturwissenschaftlicher Berufe in Deutschland', *Pharmazie in unserer Zeit* 6 (1977), 15-22.
- HICKEL, E., 'Der Apothekerberuf als Keimzelle naturwissenschaftlicher Berufe in Deutschland', *Medizinhistorisches Journal* 13 (1978), 259-276.
- HICKEL, E., 'Arzneimittel in Apotheke und Haushalt des 16. und 17. Jahrhunderts' in J. Telle ed., *Pharmazie und der gemeine Mann*, Wolfenbüttel 1982, 21-26.
- HIERDEIS, H., 'Zur Auseinandersetzung zwischen humanistischer und realistisch-naturwissenschaftlicher Bildung im 19. Jahrhundert' in J.G. Prinz von Hohenzollern en M. Liedtke ed., *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Wissensakkumulation. Geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Auswirkungen*, Bad Heilbrunn/Obb. 1988, 306-316.
- HIERSEMANN, L., 'Das Entstehen erster technischer Bildungseinrichtungen in Leipzig während des Prozesses der bürgerlichen Umwälzung', *Sächsische Heimatblätter* 32(2) (1986), 72-76.
- HIERSEMANN, L., 'Die Herausbildung technischer Bildungseinrichtungen in Leipzig im 18. und 19. Jahrhundert' in K. Czok ed., *Wissenschafts- und Universitätsgeschichte in Sachsen im 18. und 19. Jahrhundert*, Berlin 1987, 155-161.
- HILGER, D., 'Fabrik, Fabrikant' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, II, Stuttgart 1975, 229-252.
- HILGER, D. en L. HÖLSCHER, 'Industrie, Gewerbe' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, III, Stuttgart 1982, 237-304.
- HILL, C.R., 'The iconography of the laboratory', *Ambix* 22 (1975), 102-110.
- HILL, K. ed., *The management of scientists*, Boston (MA) 1964.
- HOHENZOLLERN, J.G. PRINZ von, en M. LIEDTKE ed., *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Wissensakkumulation. Geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Auswirkungen*, Bad Heilbrunn/Obb. 1988 (= *Schriftenreihe zum Bayerischen Schulmuseum Ichenhausen*, Bd. 7).
- HOLMES, F.L., 'Lavoisier's conceptual passage', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 82-92.
- HOLMES, F.L., 'The complementarity of teaching and research in Liebig's laboratory', *Osiris*, 2e serie, 5 (1989), 121-164.
- HOLMES, F.L., *Eighteenth-century chemistry as an investigative enterprise*, Berkeley 1989.
- HOLT, B.W.G., 'Social aspects in the emergence of chemistry as an exact science: the British chemical profession', *British Journal of Sociology* 21 (1970), 181-199.
- HOLZMÜLLER, G., 'Gewerbeschulen, besonders höher organisierte' in W. Rein ed., *Enzyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, III, Langensalza 1905, 567-576.

- HOMBURG, E., 'The influence of demand on the emergence of the dye industry. The roles of chemists and colourists', *Journal of the Society of Dyers and Colourists* 99 (1983), 325-333.
- HOMBURG, E., 'De inschakeling van chemici in de kleurstofindustrie' in H. van den Belt et. al., 'De ontwikkeling van de kleurstofindustrie. Onderzoeksproject van het Wetenschap en Samenleving-Programma van de K.U. Nijmegen', eindrapport Katholieke Universiteit Nijmegen, Nijmegen 1984, 107-163.
- HOMBURG, E., 'De 'Tweede Industriële Revolutie'. Een problematisch historisch concept', *Theoretische Geschiedenis* 13 (1986), 367-385.
- HOMBURG, E., 'Het universitaire scheikunde-onderwijs vanaf de 17e eeuw. Bespreking van 'Academiae Analecta' ', *Tijdschrift voor de Geschiedenis der Geneeskunde, Natuurwetenschappen, Wiskunde en Techniek* 12 (1989), 226-234.
- HOMBURG, E., 'The emergence of research laboratories in the dyestuffs industry, 1870-1900', *British Journal for the History of Science* 25 (1992), 91-111.
- HOYKAAS, R., *Geschiedenis der natuurwetenschappen. Van Babel tot Bohr*, Utrecht 1971.
- HORNEY, W., J.P. RUPPERT en W. SCHULTZE ed., *Pädagogisches Lexikon*, 2dln., Gütersloh 1970.
- HÜBNER, W., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Deutsche Literaturzeitung für Kritik der internationalen Wissenschaft* 106 (1985), 933-938.
- HUERKAMP, C., *Der Aufstieg der Ärzte im 19. Jahrhundert. Vom gelehrten Stand zum professionellen Experten: Das Beispiel Preussens*, Göttingen 1985 (= *Kritische Studien zur Geschichtswissenschaft*, Bd. 68).
- HUFBAUER, K., 'Social support for chemistry in Germany during the eighteenth century: how and why did it change?', *Historical Studies in the Physical Sciences* 3 (1971), 205-231.
- HUFBAUER, K., *The formation of the German chemical community (1720-1795)*, Berkeley 1982.
- HUGHES, T.P., 'The evolution of large technological systems' in W.E. Bijker, T.P. Hughes en T. Pinch ed., *The social construction of technological systems*, Cambridge (Mass.) 1987, 51-82.
- HUHLE-KREUTZER, G., *Die Entwicklung arzneilicher Produktionsstätten aus Apothekenlaboratorien. Dargestellt an ausgewählten Beispielen*, Stuttgart 1989 (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie*, Bd. 51).
- IHDE, A.J., *The development of modern chemistry*, New York 1964.
- JACOB, S., *Chemische Vor- und Frühgeschichte in Franken. Die vorindustrielle Produktion wichtiger Chemikalien und die Anfänge der chemischen Industrie in fränkischen Territorien des 17., 18. und frühen 19. Jahrhunderts*, Düsseldorf 1968 (= *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen*, Bd. 9).
- JAEGER, F.M., *Over Johan Joachim Becher en zijne relaties met de Nederlanden*, 's-Gravenhage 1919 (ook in: *Economisch-Historisch Jaarboek* 5 (1919), 60-135).
- JÄGER, G. en H.-E. TENORTH, 'Pädagogisches Denken' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 71-103.
- Jahrbuch 1976/77. 100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt*, Darmstadt z.j..

- JAMES, F.A.J.L. ed., *The development of the laboratory. Essays on the place of experiment in industrial civilization*, Basingstoke en Londen 1989.
- Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule, 1828-1928. *Festschrift zur Jahrhundertfeier 4. bis 6. Juni 1928*, z.p. z.j. (Dresden 1928).
- JANETSCHKE, H., 'Ferdinand Redtenbacher und der wissenschaftliche Maschinenbau' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 131-137.
- JANKO, J., 'Science, public opinion and an absolute state. The demands of scientific community in Bohemia at the beginning of 19th century', *Práce z dějin Československé Akademie Věd. Studia Historiae Academiae Scientiarum Bohemoslovacae*, special studies, seria C, fasc. 1, Praag 1989, 153-185.
- JARAUSCH, K.H., 'The German professions in history and theory' in G. Cocks en K.H. Jarausch ed., *German professions, 1800-1950*, Oxford en New York 1990, 9-24.
- JEISMANN, K.-E., 'Zur Bedeutung der 'Bildung' im 19. Jahrhundert' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 1-21.
- JEISMANN, K.-E., 'Schulpolitik, Schulverwaltung, Schulgesetzgebung' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 105-122.
- JEISMANN, K.-E., 'Das höhere Knabenschulwesen' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 152-180.
- JEISMANN, K.-E. en P. LUNDGREEN ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987 (= *Handbuch der deutschen Bildungsgeschichte*, Bd. 3, 1800-1870).
- JILEK, F., 'Main trends of technical education in Central Europe until the Industrial Revolution' in *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, Special Issue 7, Praag 1974, 83-106.
- JOHNSON, J.A., 'Academic chemistry in Imperial Germany', *Isis* 76 (1985), 500-524.
- JOHNSON, J.A., 'Academic self-regulation and the chemical profession in Imperial Germany', *Minerva* 23 (1985), 241-271.
- JOHNSON, J.A., 'Hierarchy and creativity in chemistry, 1871-1914', *Osiris*, 2e serie, 5 (1989), 214-240.
- JOHNSON, J.A., 'Academic, proletarian, ... professional? Shaping professionalization for German industrial chemists, 1887-1920' in G. Cocks en K.H. Jarausch ed., *German professions, 1800-1950*, Oxford 1990, 123-142.
- JOHNSON, T.J., *Professions and power*, Londen en Basingstoke 1972 (reprint 1981).
- JUST, N., *Geschichte und Wissenschaftsstruktur der Chemiedidaktik. Interaktion zwischen allgemeiner Didaktik und Fachdidaktik: dargestellt an der historischen Entwicklung der Fachdidaktik Chemie in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts*, Mülheim 1989 (= *Naturwissenschaft und Unterricht*, Bd. 1).
- JUST, N., 'Professionalisierung oder Berufskonstruktion? Die Entwicklung des Chemielehrerstandes im 19. Jahrhundert', *Mitteilungen. Herausgegeben von der Fachgruppe 'Geschichte der Chemie' in der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 4 (1990), 13-21.
- KAEUBLE, H., *Industrialisierung und soziale Ungleichheit: Europa im 19. Jahrhundert. Eine Bilanz*, Göttingen 1983.
- KARRER, P., 'Alfred Werner 1866-1919, in memoriam. Dozentenschaft und Studenten-

- schaft in den ersten Jahrzehnten chemischer Forschung in Zürich', *Gesnerus* 23 (1966), 275.
- KASTNER, R.H., *Die Entwicklung von Technik und Industrie in Österreich und die Technische Hochschule in Wien*, Wenen 1965 (= *Blätter für Technikgeschichte*, Heft 27).
- KASTNER, R.H., 'Die Technische Hochschule in Wien. Ihre Gründung, Entwicklung und ihr bauliches Werden' in H. Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien, 1815-1965*, Wenen 1965, II, 5-112.
- KEFERSTEIN, H., 'Chemie in höheren Schulen' in W. Rein ed., *Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, I, Langensalza 1903, 845-858.
- KELLER, K., 'Ferdinand Redtenbacher, als Begründer der Maschinenwissenschaft' in *Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden*, Karlsruhe 1892, 57-71.
- KENT, A. en O. HANNAWAY, 'Some new conderations on Beguin and Libavius', *Annals of Science* 16 (1960), 241-250.
- KERNBAUER, A., 'Die Emanzipation der Chemie in Österreich um die Mitte des 19. Jahrhunderts. Von der Hilfswissenschaft zur freien Wissenschaftsdisziplin', *Mitteilungen der österreichischen Gesellschaft für Geschichte der Naturwissenschaften* 4 (1984), 11-44.
- KERSAINT, G., *Antoine François de Fourcroy (1755-1809). Sa vie et son oeuvre*, Parijs 1966.
- KERSTEIN, G., *Die Entschleierung der Materie. Vom Werden unserer chemischen Erkenntnis*, Stuttgart 1962.
- KERTSCHER, G. en H. UMBREIT, 'Zum Wirken des Apothekers und Chemikers Johann Christian Wiegleb', *Manuskripte zur Chemiegeschichte*, Heft 2 (1991), 33-43.
- KIESEWETTER, H., *Industrielle Revolution in Deutschland 1815-1914*, Frankfurt a/M 1989.
- KIRCHNER, J. (bearb.), *Die Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes von den Anfängen bis 1830*, Stuttgart 1969 (= *Bibliographie der Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes bis 1900*, Bd. 1).
- KIRCHNER, J. (bearb.), *Die Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes von 1831 bis 1870*, Stuttgart 1977 (= *Bibliographie der Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes bis 1900*, Bd. 2).
- KIRCHNER, J. ed., *Bibliographie der Zeitschriften des deutschen Sprachgebietes bis 1900*, 4 dln., Stuttgart 1969-1989.
- KLINKENBERG, H.M. ed., *Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 1870-1970*, 2 dln., Stuttgart 1970.
- KLOOSTER, H.S. VAN, 'Friedrich Wöhler and his American pupils', *Journal of chemical education* 21 (1944), 158-170.
- KLOOSTER, H.S., 'The beginnings of laboratory instruction in chemistry in the U.S.A.', *Chymia* 2 (1949), 1-15.
- KLOOSTER, H.S. van, '125 years of chemistry at Rensselaer Polytechnic Institute', *Journal of chemical education* 26 (1949), 346-352.
- KLOSTERMAN, L.J., 'A research school of chemistry in the nineteenth century: Jean Baptiste Dumas and his research students. Part I', *Annals of Science* 42 (1985), 1-40.
- KNABE, K., 'Realschulwesen in Deutschland' in W. Rein ed., *Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, VII, Langensalza 1908, 243-288.
- KOCKA, J., *Unternehmensverwaltung und Angestelltenschaft am Beispiel Siemens 1847-1914. Zum Verhältnis von Kapitalismus und Bürokratie in der deutschen Industrialisie-*

- rung, Stuttgart 1969.
- KOCKA, J., 'Angestellter' in O. Brunner, W. Conze und R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, I, Stuttgart 1972, 110-128.
- KOCKA, J., *Die Angestellten in der deutschen Geschichte 1850-1980: von Privatbeamten zum angestellten Arbeitnehmer*, Göttingen 1981.
- KOCKA, J. ed., *Bürgertum im 19. Jahrhundert. Deutschland im europäischen Vergleich*, 3 dln., München 1988.
- KOCKA, J., 'Bürgertum und bürgerliche Gesellschaft im 19. Jahrhundert. Europäische Entwicklungen und deutsche Eigenarten' in J. Kocka ed., *Bürgertum im 19. Jahrhundert. Deutschland im europäischen Vergleich*, I, München 1988, 11-76.
- KÖNIG, R. ed., *Beruf. Industrie. Sozialer Wandel in unterentwickelten Ländern*, 2e druck, Stuttgart 1977 (= *Handbuch der empirischen Sozialforschung*, Bd. 8)
- KÖNIG, W., 'Stand und Aufgaben der Forschung zur Geschichte der deutschen Polytechnischen Schulen und Technischen Hochschulen im 19. Jahrhundert', *Technikgeschichte* 48 (1981), 47-67.
- KÖNIG, W., 'Literature on the history of higher technological education in Germany', *Lettre d'information/ Newsletter (of the) Centre de recherche interdisciplinaires, Science Museum, CNRS, University of Lancaster*, no. 6 (1988), 25-27.
- KÖNIG, W., 'Spezialisierung und Bildungsanspruch. Zur Geschichte der Technischen Hochschulen im 19. und 20. Jahrhundert', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 11 (1988), 219-225.
- KÖSTER, U., 'Der Beruf des wissenschaftlich ausgebildeten Chemikers - seine Entstehung und Entwicklung während des 19. Jahrhunderts im deutschsprachigen Raum', Dissertation A Universität Rostock, Rostock 1984.
- KÖSTER, U., 'Zur Entwicklung der wissenschaftlichen Ausbildung von Chemikern im 19. Jahrhundert in Deutschland', *Wissenschaftliche Zeitschrift der Wilhelm-Pieck-Universität Rostock - Gesellschaftswissenschaftliche Reihe* 34 (1985), 45-49.
- KOHLRAUCH, F., 'Technische Hochschule Graz' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 179-190.
- KOKKELINK, G., 'Die bauliche Entwicklung der Universität Hannover bis 1956' in R. Seidel et. al. (ed.), *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Hannover. Teil I: Universität Hannover 1831-1981*, Stuttgart 1981, 120-135.
- KOLLER, E., 'Die Königlich Württembergische Technische Hochschule in Stuttgart' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 246-264.
- Kolloquium: Zur historischen Entwicklung der Technikwissenschaften und der technischen Bildung in Leipzig am 27. Oktober 1989 (sic, 1988) in Leipzig, DDR. Aus Anlass des Jubiläums '150 Jahre technische Bildungseinrichtungen in Leipzig'*, Leipzig 1989 (= *Wissenschaftliche Berichte der Technischen Hochschule Leipzig*, Heft 12).
- KOPP, H., *Geschichte der Chemie*, 4 dln., Braunschweig 1843-1847.
- KORST, J.K. van der, *Om lijf en leven. Gezondheidszorg en geneeskunst in Nederland circa 1200-1960*, Utrecht en Antwerpen 1988.
- KOSSELCK, R., *Preussen zwischen Reform und Revolution. Allgemeines Landrecht, Verwaltung und soziale Bewegung von 1791 bis 1848*, 2e druck, Stuttgart 1975 (reprint München 1989).
- KRÄTZ, O., 'Der Chemiker in den Gründerjahren' in E. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, Weinheim/ Bergstr. 1973, 259-284.
- KRATZ, O., 'Dokumenta 9. Die Entwicklung der Naturwissenschaften in Exponaten aus den Sammlungen und aus der Bibliothek des Deutschen Museums: Chemische Laborato-

- rien, Teil 1', *Kultur und Technik* 4(1) (1980), 44-49.
- KRÄTZ, O., 'Dokumenta 10. Die Entwicklung der Naturwissenschaften in Exponaten aus den Sammlungen und aus der Bibliothek des Deutschen Museums: Chemische Laboratorien, Teil 2', *Kultur und Technik* 4(2) (1980), 52-57.
- KRÄTZ, O., 'Zur Geschichte des chemischen Laboratoriums' in E.H.W. Giebeler en K.A. Rosenbauer ed., *Historia scientiae naturalis. Beiträge zur Geschichte der Laboratoriumstechnik und deren Randgebiete*, Darmstadt 1982, 1-24.
- KRÄTZ, O., *Faszination Chemie. 7000 Jahre Lehre von Stoffen und Prozessen*, München 1990.
- KRAUL, M., *Das deutsche Gymnasium 1780-1980*, Frankfurt a/M 1984.
- KRAUL, M., 'Bildung und Bürgerlichkeit' in J. Kocka ed., *Bürgertum im 19. Jahrhundert. Deutschland im europäischen Vergleich*, III, München 1988, 45-73.
- KREFT, F., 'Zur Geschichte der Technischen Hochschule München', *Bayernland* 61 (1959), 188-192.
- KROHN, R.G., 'Patterns of the institutionalization of research' in S.Z. Nagi en R.G. Corwin ed., *The social contexts of research*, New York en Londen 1972, 26-66.
- KROHN, W., E.T. LAYTON JR. en P. WEINGART ed., *The dynamics of science and technology. Social values, technical norms and scientific criteria in the development of knowledge*, Dordrecht en Boston 1978 (= *Sociology of the sciences: a yearbook*, Bd. 2).
- KRUG, K., 'Zur Entwicklungsgeschichte der Verfahrenstechnik von den Anfängen bis zu ihrer Emanzipation (Thesen)', *NTM-Schriftenr. Gesch. Naturwiss., Technik, Med.* 22(2) (1985), 51-59.
- KRUG, K., 'Johann Beckmann und die chemische Technologie', *Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Otto von Guericke Magdeburg* 30(4) (1986), 105-110.
- KRUG, K., 'Quellen des Verfahreningenieurwesens im 17. Jahrhundert' in *Naturwissenschaftliche Revolution im 17. Jahrhundert*, Berlin 1988 (= *Beiträge Wissenschaftsgesch.*), 167-178.
- KRUG, K., 'Zusammenhänge zwischen Forschungs- und Ausbildungskonzepten in der Geschichte der chemischen Technologie' in 34. *Intern. Wiss. Koll. TH Ilmenau*, 1989, 235-236.
- KRUG, K., 'Die preussischen Reformen und die Emanzipation chemisch-technologischer Disziplinen' in G. Schubring ed., *'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt*, Stuttgart 1991, 171-182.
- KUHN, T.S., bespreking van J. Ben-David's 'The scientist's role in society', *Minerva* 10 (1972), 166-178.
- LANDES, D.S., *The unbound Prometheus. Technological change and industrial development in Western Europe from 1750 to the present*, Cambridge 1969 (reprint 1979).
- LANG, H., 'Geschichte der Gründung der Polytechnischen Schule' in *Festgabe zum Jubiläum der vierzigjährigen Regierung seiner königlichen Hoheit des Grossherzogs Friedrich von Baden*, Karlsruhe 1892, 267-289.
- LANGINS, J., 'The decline of chemistry at the Ecole Polytechnique (1794-1805)', *Ambix* 28 (1981), 1-19.
- LANGINS, J., 'Sur l'enseignement et les examens à l'Ecole Polytechnique sous le Directoire: à propos d'une lettre inédite de Laplace', *Revue d'histoire des sciences et leur application* 40 (1987), 145-177.

- LANGINS, J., 'La préhistoire de l'Ecole polytechnique', *Revue d'Histoire des Sciences* 44 (1991), 61-89.
- LASSMANN, A.K., 'Franz Joseph Ritter von Gerstner. Ein Vorläufer moderner Technik', *VDI-Nachrichten*, 3 maart 1956, 5.
- LATOUR, B., *Science in Action. How to follow scientists and engineers through society*, Milton Keynes 1987.
- LAUFER, 'Das bayerische Brauwesen in frühindustrieller Zeit' in R.A. Müller ed., *Aufsätze zur Wirtschafts und Sozialgeschichte Bayerns 1750-1850*, München 1985, 288-297.
- LAUFER, U., 'Gewerbliches Schulwesen im 19. Jahrhundert in Augsburg' in R.A. Müller ed., *Aufsätze zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns 1750-1850*, München 1985, 584-598.
- LECHNER, A., 'Technische Hochschule Wien' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 275-291.
- LECHNER, E., 'Vom Befehl zum Beweis. Der mathematisch-naturwissenschaftlich-technische Unterricht als Phänomen und Instrument der 'kopernikanischen Wende' der Pädagogik im Zeitalter der Frühaufklärung' in J.G. Prinz von Hohenzollern en M. Liedtke ed., *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Wissenskumulation. Geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Auswirkungen*, Bad Heilbrunn/Obb. 1988, 212-236.
- LEICESTER, H.M., *The historical background of chemistry*, New York en Londen 1956 (reprint New York 1971).
- LENNEP, J. van, *Alchemie. Bijdrage tot de geschiedenis van de alchemistische kunst*, Brussel 1984.
- LEPRIEUR, F., 'Les conditions de la constitution d'une discipline scientifique: la chimie organique en France, 1830-1880', 2 dln., thèse de IIIe cycle Sorbonne, Parijs 1977.
- LEPRIEUR, F., 'La formation des chimistes français au XIXe siècle', *La Recherche* 10 (1979), 732-740.
- LESSING, H.-E., 'Technologen an der Universität Heidelberg' in W. Doerr, *Semper Apertus. Sechshundert Jahre Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg 1386-1986*, II, Berlin 1985, 105-131.
- LEWENSTEIN, B.V., 'To improve our knowledge in nature and arts': a history of chemical education in the United States', *Journal of chemical education* 66 (1989), 37-44.
- Lexikon der Pädagogik*, 4 dln., Freiburg i/B 1952-1955.
- LEXIS, W. ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904 (= W. Lexis ed., *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich*, Bd. IV.1).
- LEXIS, W. ed., *Die Hochschulen für besondere Fachgebiete im Deutschen Reich*, Berlin 1904 (= W. Lexis ed., *Das Unterrichtswesen im Deutschen Reich*, Bd. IV.2).
- LIEBURG, M.J. van, *Het medisch onderwijs te Rotterdam (1467-1967). Een kort historisch overzicht*, Amsterdam 1978 (= *Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de geschiedenis der Geneeskunde*, Bd. 3).
- LIEFLÄNDER, M., 'Philipp Carl Sprengel und die Anfänge der Agrikulturchemie', *Mitteilungen. Herausgegeben von der Fachgruppe 'Geschichte der Chemie' in der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 1 (1988), 41-50.
- LILLEY, S., 'Social aspects of the history of science', *Archives Internationales d'Histoire des Sciences* 28 (1949), 376-443.
- LINTSEN, H.W., *Ingenieurs in Nederland in de negentiende eeuw. Een streven naar erkenning en macht*, 's-Gravenhage 1980.
- LIPSMEIER, A., 'Die Auseinandersetzungen über 'gymnasiale' und 'reale' oder 'technische'

- Bildung. Aufgezeigt an der Vorgeschichte und Ausformung der Darmstädter Real- oder technischen Schule (1826) zur Höheren Gewerbeschule (1836) und zur Technischen Hochschule (1872/73)', *Die deutsche Berufs- und Fachschule* 62 (1966), 918-932.
- LIPSMER, A., 'Technik, allgemeine Pädagogik und Berufspädagogik im 19. Jahrhundert. Ein Beitrag zur Geschichte der vergleichende Berufspädagogik', *Technikgeschichte* 36 (1969), 133-146.
- LOCKEMANN, G., 'Der chemische Unterricht an den deutschen Universitäten im ersten Viertel des neunzehnten Jahrhunderts' in J. Ruska ed., *Studien zur Geschichte der Chemie*, Berlin 1927, 148-158.
- LOCKEMANN, G., *Robert Wilhelm Bunsen. Lebensbild eines deutschen Naturforschers*, Stuttgart 1949 (= H.W. Frickhinger ed., *Grosse Naturforscher*, Bd. 6).
- LOCKEMANN, G. en R.E. OESPER, 'Friedrich Stromeyer and the history of chemical laboratory instruction', *Journal of chemical education* 30 (1953), 202-204.
- LÖHBERG, K., J. OSTERWALD en A. WILKE, 'Bergbau, Geowissenschaften, Hüttenwesen und Werkstoffwissenschaften an der Technischen Universität Berlin' in R. Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979*, Berlin 1979, II, 39-67.
- LÖW, R., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Isis* 74 (1983), 584-585.
- LONG, P.O., 'The openness of knowledge: an ideal and its context in 16th-century writings on mining and metallurgy', *Technology and Culture* 32 (1991), 318-355.
- LOWOOD, H.E., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Eighteenth-Century Studies* 18 (1984), 108-112.
- LOWOOD, H.E., 'Patriotism, profit and the promotion of science in the German Enlightenment: the economic and scientific societies, 1760-1815', Phil. Diss. University of California, Berkeley 1987 (University Microfilm International, Ann Arbor).
- LUDWIG, W., 'Die mathematisch-naturwissenschaftliche Abteilung' in *Ein Jahrhundert Sächsische Technische Hochschule*, (Dresden 1928), 129-184.
- LÜTTRINGHAUS, A. en C. BAUMFELDER, 'Die Chemie an der Universität Freiburg i.Br. von den Anfängen bis 1920', *Beiträge zur Freiburger Wissenschafts- und Universitätsgeschichte* 18 (1957), 23-76.
- LUK'YANOV, P.M., 'The first chemical laboratories in Russia', *Chymia* 9 (1964), 59-69.
- LUNDGREEN, P., 'Technicians and labour market in Prussia, 1810-1850', *Annales Cispines d'Histoire Sociale* 2 (1971), 9-29.
- LUNDGREEN, P., *Bildung und Wirtschaftswachstum im Industrialisierungsprozess des 19. Jahrhunderts. Methodische Ansätze, empirische Studien und internationale Vergleiche*, Berlin 1973 (= *Historische und Pädagogische Studien*, Bd. 5).
- LUNDGREEN, P., *Techniker in Preussen während der frühen Industrialisierung. Ausbildung und Berufsfeld einer entstehenden sozialen Gruppe*, Berlin 1975 (= *Einzelveröffentlichungen der historischen Kommission zu Berlin*, Bd. 16).
- LUNDGREEN, P. ed., *Zum Verhältnis von Wissenschaft und Technik. Erkenntnisziele und Erzeugungsregeln akademischen und technischen Wissens. Vortragstexte einer Tagung*, Bielefeld 1976 (= *Report Wissenschaftsforschung*, Bd. 7).
- LUNDGREEN, P., 'Wissenschaft und Wirtschaft. Methodische Ansätze und empirische Ergebnisse (unter besonderer Berücksichtigung Deutschlands im 19. Jahrhundert)', *Technikgeschichte* 44 (1977), 302-314.
- LUNDGREEN, P., 'The organization of science and technology in France: a German perspective' in R. Fox en G. Weisz ed., *The organization of science and technology in*



- France 1808-1914*, Cambridge en Parijs 1980, 311-332.
- LUNDGREEN, P., *Sozialgeschichte der deutschen Schule im Überblick. Teil I: 1770-1918*, Göttingen 1980.
- LUNDGREEN, P., 'Education for the science-based industrial state? The case for nineteenth-century Germany', *History of Education* 13 (1984), 59-67.
- LUNDGREEN, P., 'Zur Konstituierung des 'Bildungsbürgertums': Berufs- und Bildungsauslese der Akademiker in Preussen' in W. Conze. en J. Kocka ed., *Bildungsbürgertum im 19. Jahrhundert*, Stuttgart 1985, 79-108.
- LUNDGREEN, P., 'Fachschulen' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 293-305.
- LUNDGREEN, P., 'Wissen und Bürgertum. Skizze eines historischen Vergleichs zwischen Preussen/Deutschland, Frankreich, England und den USA, 18.-20. Jahrhundert' in H. Siegrist ed., *Bürgerliche Berufe. Zur Sozialgeschichte der freien und akademischen Berufe im internationalen Vergleich*, Göttingen 1988, 106-124.
- LUNDGREEN, P., 'Engineering education in Europe and the U.S.A., 1750-1930: The rise to dominance of school culture and the engineering professions', *Annals of Science* 47 (1990), 33-75.
- LUNDGREN, A., 'The New Chemistry in Sweden: the debate that wasn't', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 146-168.
- LUNSSINGH SCHEURLEER, Th.H. en G.H.M. POSTHUMUS MEYJES ed., *Leiden University in the seventeenth century. An exchange of learning*, Leiden 1975.
- MCCLELLAN III, J.E., *Science reorganized. Scientific societies in the eighteenth century*, New York 1985.
- MCCLELLAND, C.E., *State, society, and university in Germany, 1700-1914*, Cambridge 1980.
- MCCLELLAND, C.E., 'Zur Professionalisierung der akademische Berufe' in W. Conze en J. Kocka ed., *Bildungsbürgertum im 19. Jahrhundert*, Stuttgart, 1985, 233-247.
- MCCLELLAND, C.E., 'Science in Germany. Commentary', *Osiris*, 2e serie, 5 (1989), 291-296.
- MCCLELLAND, C.E., *The German experience of professionalization: Modern learned professions and their organizations from the early nineteenth century to the Hitler era*, Cambridge 1991.
- MACLEOD, R., 'Changing perspectives in the social history of science' in I. Spiegel-Rösing en D. de Solla Price ed., *Science, technology and society*, Londen en Beverly Hills 1977, 149-195.
- MANEGOLD, K.-H., 'Eine École Polytechnique in Berlin', *Technikgeschichte* 33 (1966), 182-196.
- MANEGOLD, K.-H. ed., *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik. Studien zur Geschichte. Wilhelm Treue zum 60. Geburtstag*, München 1969.
- MANEGOLD, K.-H., 'Zur Emancipation der Technik im 19. Jahrhundert in Deutschland' in K.-H. Manegold ed., *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik*, München 1969, 379-402.
- MANEGOLD, K.-H., *Universität, Technische Hochschule und Industrie. Ein Beitrag zur Emanzipation der Technik im 19. Jahrhundert unter besonderer Berücksichtigung der Bestrebungen Felix Kleins*, Berlijn 1970 (= *Schriften zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte*, Bd. 16).
- MANEGOLD, K.-H., 'Das Verhältnis von Naturwissenschaft und Technik im 19. Jahrhundert im Spiegel der Wissenschaftsorganisation' in W. Treue en K. Mauel ed., *Naturwis-*

- senschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, I, Göttingen 1976, 253-283.
- MANEGOLD, K.-H., 'Die Entwicklung der Technischen Hochschule Hannover zur wissenschaftlichen Hochschule. Ein Beitrag zum Thema 'Verwissenschaftlichung der Technik im 19. Jahrhundert' ' in W. Treue en K. Mauel ed., *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, I, Göttingen 1976, 284-304.
- MANEGOLD, K.-H., 'Technology academised. Education and training of the engineer in the nineteenth century' in W. Krohn, E.T. Layton Jr. en P. Weingart ed., *The dynamics of science and technology*, Dordrecht en Boston 1978, 137-158.
- MANEGOLD, K.-H., 'Technik, Staat und Wirtschaft. Zur Vorgeschichte und Geschichte der Technischen Hochschule Hannover im 19. Jahrhundert' in R. Seidel et. al. (ed.), *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Hannover. Teil I: Universität Hannover 1831-1981*, Stuttgart 1981, 35-73.
- MARTELS, Z.R.W.M. von ed., *Alchemy revisited. Proceedings of the International Conference on the History of Alchemy at the University of Groningen, 17-19 April 1989*, Leiden 1990 (= *Collection de travaux de l'Académie Internationale d'Histoire des Sciences*, Bd. 33).
- MAUEL, K., 'Die Aufnahme naturwissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden durch die Ingenieure im 19. Jahrhundert' in W. Treue en K. Mauel ed., *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, I, Göttingen 1976, 330-350.
- MAUERSBERGER, K., 'Die Entwicklung der technischen Hochschulen und ihrer Ausbildungskonzeptionen im 19. Jahrhundert', *Dresdener Beiträge zur Geschichte der Technikwissenschaften*, Heft 17 (1989), 18-36.
- MECKING, H., 'Philanthropismus (Philanthropinismus)' in *Lexikon der Pädagogik*, III, Freiburg i/B 1954, 866-867.
- MEINEL, C., *Die Chemie an der Universität Marburg seit Beginn des 19. Jahrhunderts. Ein Beitrag zu ihrer Entwicklung als Hochschulfach*, Marburg 1978 (= *Academia Marburgensis*, Bd. 3).
- MEINEL, C., 'De praestantia et utilitate Chemiae. Selbstdarstellung einer jungen Disziplin im Spiegel ihres programmatischen Schrifttums', *Sudhoffs Archiv* 65 (1981), 366-389.
- MEINEL, C., 'Theory or practice? The eighteenth-century debate on the scientific status of chemistry', *Ambix* 30 (1983), 121-132.
- MEINEL, C., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Sudhoffs Archiv* 68 (1984), 243-245.
- MEINEL, C., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Angewandte Chemie* 96 (1984), 168-169.
- MEINEL, C., 'Vom Handwerk des Chemiehistorikers', *Chemie in unserer Zeit* 18 (1984), 62-67, 138-142.
- MEINEL, C., '... die Chymie anwendbarer und gemeinnütziger zu machen' - Wissenschaftlicher Orientierungswandel in der Chemie des 18. Jahrhunderts', *Angewandte Chemie* 96 (1984), 326-334 (ook in: H.-J. Braun en R.H. Kluwe ed., *Entwicklung und Selbstverständnis von Wissenschaften: Ein interdisziplinäres Colloquium*, Frankfurt a/M 1985, 287-307).
- MEINEL, C., 'Reine und angewandte Chemie. Die Entstehung einer neuen Wissenschaftskonzeption in der Chemie der Aufklärung', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 8 (1985), 25-45.
- MEINEL, C. ed., *Die Alchemie in der europäischen Kultur- und Wissenschaftsgeschichte*, Wiesbaden 1986 (= *Wolfenbütteler Forschungen*, Bd. 32).
- MEINEL, C., 'Die Chemie an den Universitäten des 18. Jahrhunderts - Institutionalisie-

- rungsstufen und konzeptioneller Wandel' in *Academiae Analecta*, Brussel 1986, 35-57.
- MEINEL, C., 'Zur Sozialgeschichte des chemischen Hochschulfaches im 18. Jahrhundert', *Beiträge zur Wissenschaftsgeschichte* 10 (1987), 147-168.
- MEINEL, C., 'Artibus academicis inserenda: Chemistry's place in eighteenth and early nineteenth century universities', *History of Universities* 8 (1988), 89-115.
- MEINEL, C., 'Döbereiner und die Chemie seiner Zeit', *Mitteilungen. Herausgegeben von der Fachgruppe 'Geschichte der Chemie' in der Gesellschaft Deutscher Chemiker*, Nr. 4 (1990), 37-50.
- MELHADO, E.M., 'On the historiography of science: a reply to Perrin', *Isis* 81 (1990), 273-276.
- MENDELSON, E., 'The emergence of science as a profession in nineteenth-century Europe' in K. Hill ed., *The management of scientists*, Boston (MA) 1964, 3-48.
- MENNICKEN, P., 'Technische Hochschule Aachen' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 11-24.
- MEYER, E. von, *Geschichte der Chemie von den ältesten Zeiten bis zur Gegenwart. Zugleich Einführung in das Studium der Chemie*, 4e druk, Leipzig 1914.
- MEYER-THUROW, G., 'Zum unprofessionellen Umgang mit Professionalisierungsprozessen. Anmerkungen zu Lothar Burchardts Beitrag über die Chemiker im deutschen Kaiserreich', *Geschichte und Gesellschaft* 6 (1980), 586-597.
- MIECK, I., 'Sigismund Friedrich Hermbstaedt (1760 bis 1833). Chemiker und Technologie in Berlin', *Technikgeschichte* 32 (1965), 325-382.
- MUNHARDT, W.W., *Tot Heil van 't Menschdom. Culturele genootschappen in Nederland, 1750-1815*, Amsterdam 1988 (= *Nieuwe Nederlandse Bijdragen tot de geschiedenis der Geneeskunde en der Natuurwetenschappen*, Bd. 24).
- MILES, W.D., 'With James Curtis Booth in Europe, 1834', *Chymia* 11 (1966), 139-149.
- MILLER, D.P., 'The social history of British science: after the harvest?', *Social Studies of Science* 14 (1984), 115-135.
- MOLNÁR, L., 'Die erste internationalen Bergbauwissenschaftliche Konferenz und der erste Bergbauverein' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 183-186.
- MORAN, B.T., *The alchemical world of the German court. Occult philosophy and chemical medicine in the circle of Moritz of Hessen (1572-1632)*, Stuttgart 1991 (= *Sudhoffs Archiv. Beihefte*, Heft 29).
- MORAN, B.T. ed., *Patronage and institutions: science, technology, and medicine at the European court, 1500-1750*, Rochester (NY) 1991.
- MORAN, B.T., 'Patronage and institutions: courts, universities, and academies in Germany; an overview: 1550-1750' in B.T. Moran ed., *Patronage and institutions: science, technology, and medicine at the European court, 1500-1750*, Rochester (NY) 1991, 169-183.
- MORRELL, J.B., 'The chemist breeders: the research schools of Liebig and Thomas Thomson', *Ambix* 19 (1972), 1-46.
- MORRELL, J.B., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Ambix* 30 (1983), 163-164.
- MORRELL, J.B., 'Professionalisation' in R.C. Olby et. al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990, 980-989.
- MORRELL, J.B., 'Science in the universities: some reconsiderations' in T. Frängsmyr ed., *Solomon's house revisited: The organization and institutionalization of science*, Canton

- (MA) 1990, 51-64.
- MÜLLER, D.K. en B. ZYMEK, *Sozialgeschichte und Statistik des Schulsystems in den Staaten des Deutschen Reiches, 1800-1945*, Göttingen 1987 (= *Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte*, Bd. II.1).
- MÜLLER, R.A. ed., *Aufsätze zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns 1750-1850*, München 1985 (= C. Grimm ed., *Aufbruch ins Industrie-Zeitalter*, Bd. 2).
- MÜLLER, R.A., 'Der bayerische 'Sonderweg' in der deutschen Hochschulentwicklung' in G. Schubring ed., *'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt*, Stuttgart 1991, 255-267.
- MÜLLER, Th., *Lehrkräfte am Collegium Carolinum zu Braunschweig zwischen 1814 und 1862*, Braunschweig 1973 (= *Beiträge zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina*, Bd. 1).
- MULTHAUF, R.P., *The origins of chemistry*, Londen 1966.
- MULTHAUF, R.P., 'A premature science advisor: Jacob A. Weber (1737-1792)', *Isis* 63 (1972), 356-369.
- MULTHAUF, R.P., *The history of chemical technology: an annotated bibliography*, New York en Londen 1984 (= *Bibliographies of the history of science and technology*, Bd. 5).
- MUNDAY, P., 'Social climbing through chemistry: Justus Liebig's rise from the *niederer Mittelstand* to the *Bildungsbürgertum*', *Ambix* 37 (1990), 3-19.
- MUNDAY, P., 'Liebig's metamorphosis: from organic chemistry to the chemistry of agriculture', *Ambix* 38 (1991), 135-154.
- NAGI, S.Z. en R.G. CORWIN ed., *The social contexts of research*, New York en Londen 1972.
- The National Union catalog. Pre-1956 imprints*, 754 dln., Londen en Chicago 1968-1981.
- NELSON, R.R. en S.C. WINTER, 'In search of a useful theory of innovation', *Research Policy* 6 (1977), 36-76.
- Neue Deutsche Biographie*, 16 dln., Berlijn 1953-1990 (nog niet voltooid).
- NEVILLE, R.G., 'Christophle Glaser and the *Traité de la Chymie*, 1663', *Chymia* 10 (1965), 25-52.
- NEVILLE, R.G. en W.A. SMEATON, 'Macquer's 'Dictionnaire de Chymie': a bibliographical study', *Annals of Science* 38 (1981), 613-662.
- NEWMAN, W.R., 'Technology and alchemical debate in the late Middle Ages', *Isis* 80 (1989), 423-455.
- NEWMAN, W.R., bespreking van U. Benzenhöfer *Johannes' de Rupescissa*, *Isis* 82 (1991), 726-727.
- NIEMANN, W.B., 'Aus der Vorgeschichte der Berliner Technischen Hochschule', *Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie* 18 (1928), 143-144.
- NIINISTÖ, L., 'Analytical instrumentation in the 18th century', *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 337 (1990), 213-217.
- NIPPERDEY, Th., *Deutsche Geschichte, 1800-1866. Bürgerwelt und starker Staat*, 4e druk, München 1987.
- NOVÝ, L., 'Creating conditions for the development of scientific institutions. From the beginning of the 19th century to the end of Bach's absolutism', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 5, Praag 1971, 51-87.
- NOVÝ, L. ed., *Bernard Bolzano (1781-1848). Bicentenary. Impact of Bolzano's epoch on the development of science. (Conference papers)* Prague 1981, Praag 1982 (= *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13).
- NUMBERS, R.L. en J.V. PICKSTONE ed., *Program, Papers, and Abstracts for the Joint*

*Conference. Manchester, England, 11-15 July 1988*, British Society for the History of Science and the History of Science Society, z.p., z.j. (1988).

OBERHUMMER, W., 'Die Chemie an der Universität Wien in der Zeit von 1749 bis 1848 und die Inhaber des Lehrstuhles für Chemie und Botanik', *Studien zur Geschichte der Universität Wien*, III, Graz en Keulen 1965, 126-202.

OBERHUMMER, W., 'Zur Geschichte der Chemie an der Universität Wien von 1749-1848' in G. Hamann ed., *Aufsätze zur Geschichte der Naturwissenschaften und Geographie*, Wenen 1986, 137-153.

*Österreichisches biographisches Lexikon 1815-1950*, Graz 1954-heden.

OLBY, R.C. et. al (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990.

OLDROYD, D., 'An examination of G.E. Stahl's *Philosophical principles of universal chemistry*', *Ambix* 20 (1973), 36-52.

OLESKO, K.M., 'The pedagogical imperative. Shaping scientific knowledge for instruction, 1800-1900' in R.L. Numbers en J.V. Pickstone ed., *Program, Papers, and Abstracts for the Joint Conference. Manchester, England, 11-15 July 1988*, z.p., z.j., 93-100.

OLESKO, K.M., 'Commentary: on institutes, investigations, and scientific training' in W. Coleman en F.L. Holmes ed., *The investigative enterprise. Experimental physiology in nineteenth-century medicine*, Berkeley 1988, 295-332.

OLESKO, K.M. ed., *Science in Germany: the intersection of institutional and intellectual issues*, Philadelphia 1989 (= *Osiris*, 2e serie, Bd. 5).

OST, H., 'Die chemische Technologie an den Technischen Hochschulen', *Zeitschrift für angewandte Chemie* 13 (1900), 659-663.

PALTER, R., 'Some impressions of recent work on eighteenth-century science', *Historical Studies in the Physical and Biological Sciences* 19 (1989), 349-410.

PAOLINI, C., *Justus von Liebig. Eine Bibliographie sämtlicher Veröffentlichungen, mit biographischen Anmerkungen*, Heidelberg 1968.

PARTINGTON, J.R., *A short history of chemistry*, 3e druk, New York 1957.

PARTINGTON, J.R., *A history of chemistry*, 4 dln., Londen en New York 1961-1970.

PATTERSON, T.S., 'Jean Beguin and his *Tyrociniun Chymicum*', *Annals of Science* 2 (1937), 243-298.

PAULSEN, F., 'Aufklärung u. Aufklärungspädagogik' in W. Rein ed., *Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, I, Langensalza 1903, 305-317.

PAYEN, J., 'The role of the Conservatoire National des Arts et Métiers in the development of technical education up to the middle of the 19th century', *History and Technology* 5 (1988), 95-138.

PECHMANN, H. von, 'Geschichte der Staatswirtschaftliche Fakultät' in L. Boehm en J. Spörl ed., *Die Ludwig-Maximilians-Universität in ihren Fakultäten*, Berlijn 1972, I, 127-183.

PERRIN, C.E., 'Research traditions, Lavoisier, and the Chemical Revolution', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 53-81.

PERRIN, C.E., 'The Chemical Revolution' in R.C. Olby et. al. (ed.), *Companion to the history of modern science*, Londen en New York 1990, 264-277.

PERRIN, C.E., 'Chemistry as peer of physics: a response to Donovan and Melhado on Lavoisier', *Isis* 81 (1990), 259-270.

PFISTERER, H., *Der Polytechnische Verein und sein Wirken im vorindustriellen Bayern*

- (1815-1830), München 1973 (= *Miscellanea Bavarica Monacensia*, Heft 45).
- PICON, A., 'Les ingénieurs et la mathématisation. L'exemple du génie civil et de la construction', *Revue d'Histoire des Sciences* 62 (1989), 155-172.
- PIERENKEMPER, T., *Allokationsbedingungen im Arbeitsmarkt. Das Beispiel des Arbeitsmarktes für Angestelltenberufe im Kaiserreich, 1880-1913*, Opladen 1982 (= *Forschungsberichte des Landes Nordrhein-Westfalen*, nr. 3110)
- PLOSS, E.E. et. al., *Alchimia: Ideologie und Technologie*, München 1970.
- PÖSS, O., 'Techniker als Bahnbrecher neuer Formen der wissenschaftlichen Zusammenarbeit' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 205-210.
- PÖTSCH, W.R., A. FISCHER en W. MÜLLER, *Lexikon bedeutender Chemiker*, Frankfurt a/M 1989.
- POGGENDORFF, J.C., *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften*, Bd. I-IV en Bd. VIIa-Supplement, Leipzig 1863-1904 en Berlijn 1971.
- POHL, D., 'Zur Geschichte der pharmazeutischen Privat institute in Deutschland von 1779 bis 1873', Inaugural-Dissertation Philipps-Universität Marburg, Marburg 1972.
- POLLARD, S., *Peaceful conquest. The industrialization of Europe 1760-1970*, Oxford 1981.
- PORTER, Th.M., 'The promotion of mining and the advancement of science: the chemical revolution in mineralogy', *Annals of Science* 38 (1981), 543-570.
- POSSEHL, I., 'Wirtschafts- und sozialgeschichtliche Aspekte des preussischen Apothekenwesens im 19. Jahrhundert. Die Apotheken als Arbeitskräftereservoir für naturwissenschaftliche Berufe', *Pharmazeutische Zeitung* 126 (1981), 673-680, 1646-1654.
- PRANDTL, W., 'Johann Wolfgang Döbereiner, Goethe's chemical adviser', *Journal of chemical education* 27 (1950), 176-181.
- PRANDTL, W., 'Johann Nepomuk Fuchs', *Journal of chemical education* 28 (1951), 136-142.
- PRANDTL, W., *Die Geschichte des chemischen Laboratoriums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften in München*, Weinheim/ Bergstr. 1952.
- PREDECK, A., 'Technische Hochschule Berlin' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 25-44.
- PRUS, B., *Chymia Basiliensis. Episoden aus der Basler Chemiegeschichte*, Bazel 1983.
- PRITCHARD, A., *Alchemy. A bibliography of English-language writings*, Londen 1980.
- PROBST, C., 'Das Medizinalwesen' in R.A. Müller ed., *Aufsätze zur Wirtschafts- und Sozialgeschichte Bayerns 1750-1850*, München 1985, 54-64.
- PURKERT, W., 'Zum Verhältnis von Mathematik und Technischen Wissenschaften im 19. Jahrhundert', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 343-361.
- RATHMANN, L. ed., *Alma mater Lipsiensis. Geschichte der Karl-Marx-Universität Leipzig*, Leipzig 1984.
- RATTANSI, P.M., 'Recovering the Paracelsian milieu' in W.R. Shea ed., *Revolutions in science: their meaning and relevance*, Canton (MA) 1988, 1-26.
- READ, J., *Prelude to chemistry. An outline of alchemy, its literature and relationships*, 2e druk, Londen 1939 (reprint Londen 1961).
- REDONDI, P., 'Nation et entreprise: la Société d'Encouragement pour l'Industrie Nationale, 1801-1815', *History and Technology* 5 (1988), 193-222.

- Referate beim Workshop zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina am 27. Juni 1988*, Braunschweig 1988 (= *Projektaberichte zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina*, Heft 4).
- REICHEN, C.-A., *A history of chemistry*, London 1964 (= *The new illustrated library of science and invention*, Bd. 10).
- REIN, W. ed., *Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, 11 dln., Langensalza 1903-1911.
- REIN, W., 'Österreichisches Schulwesen' in W. Rein ed., *Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik*, 2e druk, VI, Langensalza 1907, 420-432ff.
- REINEFELD, E., 'Zur Geschichte des Fachgebietes 'Landwirtschaftliche Technologie' an der TU Carolo-Wilhelmina' in *Referate beim Workshop zur Geschichte der Carolo-Wilhelmina am 27. Juni 1988*, Braunschweig 1988, 105-115.
- REUSCH, H.K., *Zur Geschichte der Lebensmittelüberwachung im Grossherzogtum Baden und seinen Nachfolgeterritorien (1806-1954), unter Berücksichtigung der Lebensmittelgesetzgebung und Nahrungsmittelchemikerausbildung im Deutschen Reich*, uitgegeven in eigen beheer, Karlsruhe 1986.
- REUTHER, O., 'Technische Hochschule Dresden' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 137-159.
- RICHTER, O., 'Deutsche Technische Hochschule Brünn' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 75-86.
- RIEDEL, M., 'Die Entwicklung von Clausthal zur wissenschaftlichen Hochschule' in K.-H. Manegold ed., *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik*, München 1969, 403-419.
- RIEDEL, M., 'Bürger, Staatsbürger, Bürgertum' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, I, Stuttgart 1972, 672-725.
- RIEDEL, M., 'Die Entwicklung von Clausthal zur wissenschaftlichen Hochschule' in W. Treue en K. Mauel ed., *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert*, I, Göttingen 1976, 305-329.
- RIEDNER, W., 'Technische Hochschule München' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 223-242.
- RIESE, R., *Die Hochschule auf dem Wege zum wissenschaftlichen Grossbetrieb. Die Universität Heidelberg und das badische Hochschulwesen, 1860-1914*, Stuttgart 1977 (= *Industrielle Welt*, Bd. 19).
- ROBERTS, G.K., 'The Royal College of Chemistry (1845-1853): a social history of chemistry in early-Victorian England', Phil. Diss. Johns Hopkins University, Baltimore 1973 (University Microfilm International, Ann Arbor).
- ROBERTS, G.K., 'The establishment of the Royal College of Chemistry: an investigation of the social context of early-Victorian chemistry', *Historical Studies in the Physical Sciences* 7 (1976), 437-485.
- ROBERTS, G.K., 'Chemical education and chemical institutions' in C.A. Russell ed., *Recent developments in the history of chemistry*, London 1985, 24-48.
- ROCKE, A.J., 'Agricola, Paracelsus, and 'Chymia' ', *Ambix* 32 (1985), 38-45.
- ROESSLER, W., 'Pädagogik' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, IV, Stuttgart 1978, 623-647.
- ROHLFS, H., *Die medicinischen Classiker Deutschlands*, 2 dln., Stuttgart 1875-1880 (reprint Wiesbaden 1970).
- ROLOFF, E.A., 'Technische Hochschule Braunschweig' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 45-58.
- ROLOFF, E.M. ed. (en O. Willmann), *Lexikon der Pädagogik*, 5 dln., Freiburg i/B 1913-1917.

- ROSEN, G., 'Die Entwicklung der sozialen Medizin' in H.-U. Deppe en M. Regus ed., *Seminar: Medizin, Gesellschaft, Geschichte*, Frankfurt a/M 1975, 74-131.
- ROTH, E., 'Etienne Francois Geoffroy's table of relations and the concept of affinity', *Fresenius' Journal of Analytical Chemistry* 337 (1990), 188-203.
- ROUAZE, I., 'Un atelier de distillation du Moyen Age', *Bulletin archéologique du C.T.H.S.*, n.s. 22 (1989), 159-271.
- RUDOLPH, W., 'Die Wechselwirkungen zwischen den chemischen Instituten der Technischen Hochschule Dresden und der Industrie im Zeitraum von 1870 bis 1900', 2 dln., Dr. phil. diss. T.U. Dresden 1970.
- RÜRUP, R. ed., *Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979*, 2 dln., Berlijn, Heidelberg en New York 1979.
- RÜRUP, R., *Deutschland im 19. Jahrhundert, 1815-1871*, Göttingen 1984 (= *Deutsche Geschichte*, Bd. 8).
- RUESCHEMEYER, D., 'Professional autonomy and the social control of expertise' in R. Dingwall en Ph. Lewis ed., *The sociology of the professions: lawyers, doctors and others*, Londen en Basingstoke 1983, 38-58.
- RUMP, H.-U., 'Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts - Geschichte und naturwissenschaftlicher Unterricht' in J.G. Prinz von Hohenzollern en M. Liedtke ed., *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Wissenskumulation. Geschichtliche Entwicklung und gesellschaftliche Auswirkungen*, Bad Heilbrunn/Obb. 1988, 201-211.
- RUSKA, J. ed., *Studien zur Geschichte der Chemie. Festgabe Edmund O. v. Lippmann zum siebzigsten Geburtstage*, Berlijn 1927.
- RUSKE, W., *100 Jahre Deutsche Chemische Gesellschaft*, Weinheim (Bergstr.) 1967.
- RUSKE, W., *100 Jahre Materialprüfung in Berlin. Ein Beitrag zur Technikgeschichte*, Berlijn 1971.
- RUSKE, W., 'Zur Geschichte der technischen Chemie in Berlin' in R. Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979*, Berlijn 1979, II, 153-176.
- RUSSELL, C.A. ed., *Recent developments in the history of chemistry*, Londen 1985.
- RUSSELL, C.A., N.G. COLEY en G.K. ROBERTS, *Chemists by profession. The origins and rise of The Royal Institute of Chemistry*, Milton Keynes 1977.
- SARFATTI-LARSON, M., *The rise of professionalism: a sociological analysis*, Berkeley en Los Angeles 1977.
- SCHAEDLER, C., *Biographisch-litterarisches Handwörterbuch der wissenschaftlich bedeutenden Chemiker*, Berlijn 1891.
- SCHÄFER, W., 'Die Königlich Preussische technische Hochschule zu Hannover' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlijn 1904, 191-201.
- SCHIFF, J., 'Das erste chemische Institut der Universität Breslau', *Archiv für die geschichte der Naturwissenschaften und der Technik* 9 (1920), 29-38.
- SCHIMANK, H., 'Der Chemiker im Zeitalter der Aufklärung und des Empire (1720-1820)' in E. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, Weinheim/ Bergstr. 1973, 207-258.
- SCHIVELBUSCH, W., *Geschichte der Eisenbahnreise. Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert*, München 1977 (herdruk Frankfurt a/M 1989).
- SCHLEEBACH, A., *Die Entwicklung der chemischen Forschung und Lehre an der Universität Erlangen von ihre Gründung (1743) bis zum Jahre 1820*, Bayreuth 1937.
- SCHLEIP, A., 'Beiträge zur Geschichte des Chemieunterrichts an allgemeinbildenden



- Schulen von den ersten Anfängen bis zum Beginn des 2. Weltkrieges', Inaugural-Dissertation Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt a/M, Frankfurt a/M 1970.
- SCHLINK, W., 'Technische Hochschule Darmstadt' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 121-136.
- SCHMAUDERER, E. ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten. Skizzen zur geschichtliche Entwicklung des Berufsbildes*, Weinheim/ Bergstr. 1973.
- SCHMAUDERER, E., 'Chemiatraker, Scheidekünstler und Chemisten des Barock und der frühen Aufklärungszeit' in E. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, Weinheim/ Bergstr. 1973, 101-205.
- SCHMIDT, S. ed., *Alma mater Jenensis. Geschichte der Universität Jena*, Weimar 1983.
- SCHMIDTCHEN, V. en E. JÄGER ed., *Wirtschaft, Technik und Geschichte. Beiträge zur Erforschung der Kulturbeziehungen in Deutschland und Osteuropa. Festschrift für Albrecht Timm zum 65. Geburtstag*, Berlin 1980.
- SCHMIEL, M., 'Landwirtschaftliches Bildungswesen' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 306-310.
- SCHMITZ, R., *Die deutschen pharmazeutisch-chemische Hochschulinstitute. Ihre Entstehung und Entwicklung in Vergangenheit und Gegenwart*, Ingelheim a/Rh 1969.
- SCHMITZ, R. en E. STECHER, 'Pharmazeutische Technologie', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 119 (1979), 670-674.
- SCHMITZ, R. en U. THOMAS, 'Philipp Lorenz Geiger (1785-1836) und der Standort der Hochschulpharmazie im 19. Jahrhundert', *Pharmazeutische Zeitung* 130 (1985), 2166-2172.
- SCHNABEL, F., 'Die Anfänge des technischen Hochschulwesens' in *Festschrift anlässlich des 100jährigen Bestehens der Technischen Hochschule Fridericiana zu Karlsruhe*, Karlsruhe 1925, 1-44.
- SCHNABEL, F., *Deutsche Geschichte im neunzehnten Jahrhundert*, 4 dln., Freiburg i/B 1929-1937 (reprint München 1987).
- SCHNEIDER, H.-G., 'The 'Fatherland of Chemistry': early nationalistic currents in late eighteenth century German chemistry', *Ambix* 36 (1989), 14-21.
- SCHNEIDER, W. ed., *Die Technische Hochschule in Braunschweig*, Berlin en Bazel 1963.
- SCHNEIDER, W., 'Aus 200 Jahren Braunschweiger Hochschulgeschichte' in W. Schneider ed., *Die Technische Hochschule in Braunschweig*, Berlin en Bazel 1963, 7-61.
- SCHNEIDER, W., *Geschichte der pharmazeutischen Chemie*, Weinheim/ Bergstr. 1972.
- SCHÖLER, W., *Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts im 17. bis 19. Jahrhundert. Erziehungstheoretische Grundlegung und schulgeschichtliche Entwicklung*, Berlin 1970.
- SCHOLL, L.U., *Ingenieure in der Frühindustrialisierung. Staatliche und private Techniker im Königreich Hannover und an der Ruhr (1815-1873)*, Göttingen 1978 (= *Studien zu Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im Neunzehnten Jahrhundert*, Bd. 10).
- SCHOLZ, H., 'Zur Periodisierung des Entstehungsprozesses naturwissenschaftlicher Disziplinen, dargestellt am Beispiel der Entwicklung der Chemie', *Deutsche Zeitschrift für Philosophie* 31 (1983), 89-97.
- SCHOLZ, H., 'Zu einigen Wechselbeziehungen zwischen chemischer Wissenschaft, chemischer Industrie und staatlicher Administration, sowie deren Auswirkungen auf die Entwicklung der wissenschaftlichen Chemie in Deutschland in der Zeit des Übergangs zum Monopolkapitalismus', Dissertation B, Humboldt-Universität Berlin, Berlin 1989.
- SCHOT, J.W., *Maatschappelijke sturing van technische ontwikkeling. Constructief technolo-*

- gy assessment alshedendaags Luddisme, Enschede 1991.
- SCHREITER, R., 'Bergakademie Freiberg' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 161-178.
- SCHREUDER, O., *In de waarheid ligt het heil*, afscheidscollege K.U.N., Nijmegen 1991.
- SCHRÖDER, G., *Die pharmazeutisch-chemischen Produkte deutscher Apotheken im Zeitalter der Chemiatrie*, Braunschweig 1957 (= *Veröffentlichungen aus dem Pharmaziegeschichtlichen Seminar der Technischen Universität Braunschweig*, Bd. 1).
- SCHRÖDER-WERLE, R., 'Chronik zur Geschichte der Technischen Universität Berlin' in R. Rürup ed., *Wissenschaft und Gesellschaft. Beiträge zur Geschichte der Technischen Universität Berlin 1879-1979*, Berlin 1979, II, 1-37.
- SCHUBRING, G., 'Mathematics and teacher training: Plans for a polytechnic in Berlin', *Historical Studies in the Physical Sciences* 12 (1981), 161-194.
- SCHUBRING, G., *Die Entstehung des Mathematiklehrerberufs im 19. Jahrhundert. Studien und Materialien zum Prozess der Professionalisierung in Preussen (1810-1870)*, Weinheim en Bazel 1983 (= *Bielefelder Beiträge zur Ausbildungsforschung und Studienreform*, Bd. 2).
- SCHUBRING, G., *Bibliographie der Schulprogramme in Mathematik und Naturwissenschaften (wissenschaftliche Abhandlungen), 1800-1875*, Bad Salzdetfurth 1986.
- SCHUBRING, G., 'Mathematisch-naturwissenschaftliche Fächer' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 204-221.
- SCHUBRING, G., 'The rise and decline of the Bonn natural sciences seminar', *Osiris*, 2e serie, 5 (1989), 57-93.
- SCHUBRING, G. ed., 'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt. *Universitätsreformen und Disziplinenbildung in Preussen als Modell für Wissenschaftspolitik im Europa des 19. Jahrhunderts. Proceedings of the Symposium of the XVIIIth International Congress of History of Science at Hamburg-Munich, 1-9 August 1989*, Stuttgart 1991 (= *Boethius*, Bd. 24).
- SCHUBRING, G., 'Spezialschulmodell versus Universitätsmodell: Die Institutionalisierung von Forschung' in G. Schubring ed., 'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt, Stuttgart 1991, 276-326.
- SCHÜTT, H.W., bespreking van K. Hufbauer 'The formation of the German chemical community', *Chemie in unserer Zeit* 17 (1983), 136.
- SCHUMACHER, S., *Entwicklungstendenzen der multidisziplinären deutschsprachigen pharmazeutischen Lehrbuchliteratur im Vorfeld der Hochschulpharmazie (1725-1875)*, Stuttgart 1988 (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie*, Bd. 52).
- SCHWARZ, G.W., 'Das pharmazeutische Examen. Spiegel der fachlichen Qualifikation bis zum 19. Jahrhundert', *Veröffentlichungen der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie*, n.F. 50 (1981), 39-45.
- SCOTT, E.L., 'Letters to the Editor. William Henry's 'Portable chemical chests' ', *Ambix* 14 (1967), 61-62.
- SEIBICKE, W., *Technik. Versuch einer Geschichte der Wortfamilie um technè in Deutschland vom 16. Jahrhundert bis etwa 1830*, Düsseldorf 1968 (= *Technikgeschichte in Einzeldarstellungen*, Bd. 10).
- SEIDEL, R. et. al. (ed.), *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Hannover, I, Universität Hannover 1831-1981, II, Catalogus Professorum 1831-1981*, Stuttgart 1981.
- SEIFERT, A., *Wilhelm August Lampadius: ein Vorgänger Liebig's. Ein Beitrag zur Geschichte des chemischen Hochschulunterrichtes*, Berlin 1933.

- SEQUENZ, H. ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien, 1815-1965*, I, *Geschichte und Ausstrahlungen*, II, *Bauten und Institute. Lehren und Studenten*, Wien 1965.
- SHAPIN, S. en B. BARNES, 'Science, nature and control: interpreting Mechanics' Institutes', *Social Studies of Science* 7 (1977), 31-74.
- SHEA, W.R. ed., *Revolutions in science: their meaning and relevance*, Canton (MA) 1988.
- SHILS, E., 'The profession of science', *Advancement of Science* 24 (1968), 469-480.
- SHINN, T., *Savoir scientifique et pouvoir social: l'École polytechnique 1794-1914*, Parijs 1980.
- SIEGFRIED, R., 'The Chemical Revolution in the history of chemistry', *Osiris*, 2e serie, 4 (1988), 34-50.
- SIEGRIST, H. ed., *Bürgerliche Berufe. Zur Sozialgeschichte der freien und akademischen Berufe im internationalen Vergleich*, Göttingen 1988 (= *Kritische Studien zur Geschichtswissenschaft*, Bd. 80).
- SIEGRIST, H., 'Bürgerliche Berufe. Die Professionen und das Bürgertum' in H. Siegrist ed., *Bürgerliche Berufe. Zur Sozialgeschichte der freien und akademischen Berufe im internationalen Vergleich*, Göttingen 1988, 11-48.
- SIMON, O., *Die Fachbildung des Preussischen Gewerbe- und Handelsstandes im 18. und 19. Jahrhundert, nach den Bestimmungen des Gewerberechts und der Verfassung des gewerblichen Unterrichtswesens*, Berlin 1902.
- SIMON, O., *Das gewerbliche Fortbildungs- und Fachschulwesen in Deutschland. Ein Überblick über seine Entwicklung und seinen gegenwärtigen Stand*, Berlin 1903.
- SMEATON, W.A., 'The early history of laboratory instruction in chemistry at the Ecole Polytechnique, Paris, and elsewhere', *Annals of Science* 10 (1954), 224-233.
- SMEATON, W.A., *Fourcroy: chemist and revolutionary, 1755-1809*. Cambridge 1962.
- SMEATON, W.A., 'The portable chemical laboratories of Guyton the Morveau, Cronstedt and Götting', *Ambix* 13 (1965/6), 84-91.
- SMITH, A.G.R., *Science and society in the sixteenth and seventeenth centuries*. Londen 1972.
- SMITH, P.H., 'Consumption and credit: the place of alchemy in Johann Joachim Becher's political economy' in Z.R.W.M. von Martels ed., *Alchemy revisited*, Leiden 1990, 215-221.
- SMITH, P.H., 'Curing the body politic: chemistry and commerce at court, 1664-70' in B.T. Moran ed., *Patronage and institutions: science, technology, and medicine at the European court, 1500-1750*, Rochester (NY) 1991, 195-209.
- SNELDERS, H.A.M., 'Schets van de ontwikkeling van de analytische chemie in de eerste helft van de negentiende eeuw', *Chemisch Weekblad* 61 (1965), 315-324.
- SNELDERS, H.A.M., *Hoofdstukken uit de geschiedenis van de scheikunde*, Amsterdam 1977 (= *Chemie en Techniek Cahier*, nr. 5).
- SNELDERS, H.A.M., 'Iatrochemie und Iatrophysik in den Niederlanden im 17. und 18. Jahrhundert', *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg*, Reihe T 41 (1981), 44-54.
- SNELDERS, H.A.M., 'Steven Blankaart (1650-1704), Verfasser des von Johann Heinrich Schulze (1687-1744) herausgegebenen Lexicon medicum', *Wissenschaftliche Beiträge der Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg*, Reihe T 68 (1988), 163-172.
- SÖDERQVIST, Th., *The ecologists. From merry naturalists to saviours of the nation. A sociologically informed narrative survey of the ecologization of Sweden 1895-1975*, Stockholm 1986.
- SOKOLL, Th., *Europäischer Bergbau um 1500*, 4 dln., Hagen 1991 (Kurseinheit 1, 1G, 2

- en 3 van de Fernuniversität-Gesamthochschule Hagen).
- SONNEMANN, R. et. al., *Geschichte der Technischen Universität Dresden, 1828-1978*, Berlin 1978.
- SONNEMANN, R. en K. KRUG ed., *Technology and Technical Sciences in History - Technik und Technikwissenschaften in der Geschichte: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlin 1987.
- SPÄTH, M., 'Der Ingenieur als Bürger. Frankreich, Deutschland und Russland im Vergleich' in H. Siegrist ed., *Bürgerliche Berufe. Zur Sozialgeschichte der freien und akademischen Berufe im internationalen Vergleich*, Göttingen 1988, 84-105.
- SPETER, M., 'Die 'Chymischen Fabriken von Teutschland' um 1799. Ein Beitrag zur Frühgeschichte der chemischen Industrie Deutschlands', *Chemiker-Zeitung* 56 (1932), 391-392.
- SPIEGEL-RÖSING, I. en D. DE SOLLA PRICE ed., *Science, technology and society: a cross-disciplinary perspective*, Londen en Beverly Hills 1977.
- SPREE, R., *Wachstumstrends und Konjunkturzyklen in der deutschen Wirtschaft von 1820 bis 1913. Quantitativer Rahmen für eine Konjunkturgeschichte des 19. Jahrhunderts*, Göttingen 1978.
- SPRONSEN, J.W. van, 'The beginning of chemistry' in Th.H. Lunsingh Scheurleer en G.H.M. Posthumus Meyjes ed., *Leiden University in the seventeenth century*, Leiden 1975, 329-343.
- STECHE, E., 'Pharmazeutische Technik'. Beiträge zu ihrer Entwicklung als pharmazeutische Disziplin (vom ausgehenden 18. bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts)', Inaugural-Dissertation Philipps-Universität Marburg, Marburg 1972.
- STEENDIJK-KUYPERS, J., *Apotheek 'De Groote Gaper' en andere artikelen uit de winkel van de 19de eeuwse gezondheidszorg te Hoorn*, Amsterdam 1983.
- STICHWEH, R., *Zur Entstehung des modernen Systems wissenschaftlicher Disziplinen: Physik in Deutschland, 1740-1890*, Frankfurt a/M 1984.
- STICHWEH, R., 'Differenzierung von Schule und Universität im 18. und 19. Jahrhundert' in G. Schubring ed., *'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt*, Stuttgart 1991, 38-49.
- STIEB, E.W., *Drug adulteration. Detection and control in nineteenth-century Britain*, Madison 1966.
- STIEDA, W., *Die Nationalökonomie als Universitätswissenschaft*, Leipzig 1906 (= *Abhandlungen der philologisch-historischen Klasse der Königl. sächsischen Gesellschaft der Wissenschaften*, Bd. 25.II).
- STOEDER, W., *Geschiedenis der pharmacie in Nederland*, Amsterdam 1891 (reprint Schiedam 1974 = *Chemie en Techniek Cahier*, nr. 4).
- STRAHLMANN, B., 'Chymisten in der Renaissance (16. Jahrhundert)' in E. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, Weinheim/ Bergstr. 1973, 43-99.
- STRASSER, G.F., 'Arbeitsgespräch 'Johann Joachim Becher (1635-1682)' in Wolfenbüttel', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 11 (1988), 123-125.
- STRATTMANN, K., *Die Krise der Berufserziehung im 18. Jahrhundert als Ursprungsfeld pädagogischen Denkens*, Ratingen bij Düsseldorf 1967.
- STRATTMANN, K., 'Betriebliche Berufsausbildung' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 271-281.
- ŠTRBÁŇOVÁ, S., 'On the beginnings of biochemistry in Bohemia', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 9, Praag 1977, 149-221.
- ŠTRBÁŇOVÁ, S., 'Some features of the development of chemistry in the first half of the

- 19th century', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 189-195.
- ŠTRBÁNOVÁ, S., 'Remarks on the problems concerning the relationship of theory and practice and empiry and theory', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 13, Praag 1982, 603-606.
- STRUBE, I., *Georg Ernst Stahl*, Leipzig 1984 (= *Biographien hervorragender Naturwissenschaftler, Techniker und Mediziner*, Bd. 74).
- STRUBE, W., *Der historische Weg der Chemie*, 2 dln., Leipzig 1980-1981.
- STRUNZ, H., *Von der Bergakademie zur Technischen Universität Berlin, 1770-1970*, Berlin 1970.
- STÜRZBECHER, M., 'Beitrag zur Geschichte der pharmazeutischen Ausbildung an der Universität Berlin', *Die Pharmazie* 13 (1958), 725-732.
- STÜRZBECHER, M., 'Aus der Geschichte pharmazeutischen Hochschulunterrichtes in Berlin', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 104 (1964), 1096-1101.
- STÜRZBECHER, M., 'Zur Statistik der Apotheken und Apotheker in Preussen in der Mitte des 19. Jahrhunderts', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 113 (1973), 1580-1582.
- STUKE, H., 'Aufklärung' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, I, Stuttgart 1972, 243-342.
- STURCHIO, J.L., 'Chemists and industry in modern America: studies in the historical application of science indicators', Ph. Diss. University of Pennsylvania, Philadelphia 1981 (University Microfilm International, Ann Arbor).
- SVEHLA, G. ed., *Wilson and Wilson's Comprehensive Analytical Chemistry*, Vol X: *Organic spot test analysis, the history of analytical chemistry*, Amsterdam 1980.
- SZABADVÁRY, F., *Geschichte der analytischen Chemie*, Braunschweig 1966.
- SZABADVÁRY, F., 'Early laboratory instruction', *Journal of chemical education* 56 (1979), 794.
- SZABADVÁRY, F., 'Relations Franco-Hongroises dans les sciences naturelles et techniques 1730-1820' in *Technikatörténeti Szemle* 17 (1988/89), 163-168.
- SZABADVÁRY, F. en R.A. CHALMERS, 'Carl Friedrich Mohr and analytical chemistry in Germany', *Talanta* 26 (1979), 609-617.
- SZABADVÁRY, F. en A. ROBINSON, 'The history of analytical chemistry' in G. Svehla ed., *Wilson and Wilson's Comprehensive Analytical Chemistry*, X, Amsterdam 1980, 61-282.
- TATON, R. ed., *Enseignement et diffusion des sciences en France au dix-huitième siècle*, Parijs 1964 (reprint Parijs 1986).
- Die Technische Hochschule zu Berlin, 1799-1924. Festschrift*, Berlin 1925.
- Technische Hochschule München, 1868-1968*, München, 1968.
- TEICH, M., 'Born's amalgamation process and the international metallurgic gathering at Skleno in 1786', *Annals of Science* 32 (1975), 305-340.
- TEICH, M., 'J.J. Becher and alchemy' in Z.R.W.M. von Martels ed., *Alchemy revisited*, Leiden 1990, 222-228.
- TEICHMANN, H., 'Zum Wirken Friedrich Wöhlers in Berlin', *Zeitschrift für Chemie* 23 (1983), 125-136.
- TELLE, J. ed., *Pharmazie und der gemeine Mann. Hausarznei und Apotheke in deutschen Schriften der frühen Neuzeit*, Wolfenbüttel 1982.
- TELLE, J., 'Verzeichnis der Exponate: Bücher' in J. Telle ed., *Pharmazie und der gemeine Mann*, Wolfenbüttel 1982, 51-133.

- THOMAS, U., *Die Pharmazie im Spannungsfeld der Neuorientierung: Philipp Lorenz Geiger (1785-1836). Leben, Werk und Wirken - Eine Biographie*, Stuttgart 1985 (= *Quellen und Studien zur Geschichte der Pharmazie*, Bd. 36).
- THOMAS, U., 'Philipp Lorenz Geiger and Justus Liebig', *Ambix* 35 (1988), 77-90.
- TIMM, A., *Kleine Geschichte der Technologie*, Stuttgart 1964.
- TITZE, H., *Das Hochschulstudium in Preussen und Deutschland 1820-1944*, Göttingen 1987 (= *Datenhandbuch zur deutschen Bildungsgeschichte*, Bd. I.1).
- TRESE, R., 'Berufsausbildung im Bergbau' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuordnung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches*, München 1987, 310-315.
- TRESSE, R., 'J.A. Chaptal et l'enseignement technique de 1800 à 1819', *Revue d'Histoire des Sciences* 10 (1957), 167-174.
- TREUE, W., 'Die Geschichte des technischen Unterrichts' in *Festschrift zur 125-Jahrfeier der Technischen Hochschule Hannover. 1831-1956*, Hannover 1956, 9-60.
- TREUE, W., *Wirtschaft, Gesellschaft und Technik vom 16. bis zum 18. Jahrhundert*, Se druk, München 1983 (= B. Gebhardt, *Handbuch der deutschen Geschichte*, Bd. 12).
- TREUE, W., *Gesellschaft, Wirtschaft und Technik Deutschlands im 19. Jahrhundert*, 7e druk, München 1984 (= B. Gebhardt, *Handbuch der deutschen Geschichte*, Bd. 17).
- TREUE, W. en K. MAUEL ed., *Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im 19. Jahrhundert. Acht Gespräche der Georg-Agricola-Gesellschaft zur Förderung der Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik*, 2 dln., Göttingen 1976 (= *Studien zu Naturwissenschaft, Technik und Wirtschaft im Neunzehnten Jahrhundert*, Bd. 2 en 3).
- TRINGLI, I., 'Kameralisten, Beamten und technische Intelligenz bei der Wiener Bergkammer', *Studies on Voltaire and the Eighteenth Century* 264 (1989), 814-818.
- TROITZSCH, U., 'Zur Entwicklung der (poly-)technischen Zeitschriften in Deutschland zwischen 1820 und 1850' in K.-H. Manegold ed., *Wissenschaft, Wirtschaft und Technik*, München 1969, 331-339.
- TROITZSCH, U., 'Technisches Schulwesen, Wissenschaftsorganisation und Wissenschaftspolitik in Deutschland (1850-1914). Literaturbericht', *Technikgeschichte* 42 (1975), 35-43.
- TROITZSCH, U., 'Landwirtschaftslehre, Technologie, Warenkunde und Technikgeschichte als neue Wissenschaften im späten 18. Jahrhunderts: Neuere Forschungen zu Johann Beckmann (1739-1811)' in U. Bestmann, F. Irsigler en J. Schneider ed., *Hochfinanz, Wirtschaftsräume, Innovationen. Festschrift für Wolfgang von Stromer*, III, Trier 1987, 1149-1176.
- TROITZSCH, U. en G. WOHLAUF ed., *Technikgeschichte: historische Beiträge und neuere Ansätze*, Frankfurt a/M 1980.
- Johann Bartholomäus Trommsdorff (1770-1837) und die Begründung der modernen Pharmazie, Erfurt 1972 (= *Beiträge zur Geschichte der Universität Erfurt (1392-1816)*, Heft 16 (1971/72)).
- TROMMSDORFF, P., *Der Lehrkörper der Technischen Hochschule Hannover, 1831-1931*, Hannover 1931.
- TURNER, R.S., 'The growth of professorial research in Prussia. 1818 to 1848 - Causes and context', *Historical Studies in the Physical Sciences* 3 (1971), 137-182.
- TURNER, R.S., 'Justus Liebig versus Prussian chemistry: Reflections on early institute-building in Germany', *Historical Studies in the physical Sciences* 13 (1982), 129-162.
- TURNER, R.S., 'Universitäten' in K.-E. Jeismann en P. Lundgreen ed., *Von der Neuord-*

- nung Deutschlands bis zur Gründung des Deutschen Reiches, München 1987, 221-249.
- TURNER, R.S., 'Science in Germany. Commentary', *Osiris*, 2e serie, 5 (1989), 296-304.
- TURNER, R.S., 'German science, German universities: historiographical perspectives from the 1980s' in G. Schubring ed., 'Einsamkeit und Freiheit' neu besichtigt, Stuttgart 1991, 24-36.
- URGELA, J., 'Forestry education in Slovakia as the historical basis of forestry science development', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 9, Praag 1977, 87-109.
- VALENTIN, J., *Friedrich Wöhler*, Stuttgart 1949 (= H.W. Frickhinger ed., *Grosse Naturforscher*, Bd. 7).
- VELDE, A.J.J. van de, 'Het chemisch compendium van Carlo Lancillot en Jacob Leeuw', *Verslagen en Mededelingen van de Kon. Vlaamse Academie voor Taal- en Letterkunde*, 1946, 97-125.
- VERBONG, G.P.J., *Technische innovaties in de katoendrukkerij en -ververij in Nederland 1835-1920*, Amsterdam 1988 (NEHA-Series III).
- VERSHOFEN, W., *Die Anfänge der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Eine wirtschaftshistorische Studie*, Bd. 1, Berlin en Stuttgart 1949, Bd. 2-3, Aulendorf (Württ.) 1952-1958.
- VIEFHAUS, E., 'Hochschule-Staat-Gesellschaft. Zur Entstehung und Entwicklung der technischen Hochschule Darmstadt im 19. und 20. Jahrhundert (I)', *Jahrbuch 1976/77. 100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt*, Darmstadt z.j., 57-111.
- VIEFHAUS, M., 'Chronik zur Entwicklung der Technischen Hochschule Darmstadt', *Jahrbuch 1976/77. 100 Jahre Technische Hochschule Darmstadt*, 13-30.
- VIERHAUS, R., 'Bildung' in O. Brunner, W. Conze en R. Koselleck ed., *Geschichtliche Grundbegriffe*, I, Stuttgart 1972, 508-551.
- VLACHOVIČ, J., 'L'enseignement technique supérieur des mines en Slovaquie au XVIII<sup>e</sup> siècle' in *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, Special Issue 1, Praag 1965, 65-84.
- VOIGT, J.H. ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Stuttgart. Beiträge zur Geschichte der Universität*, Stuttgart 1979 (= *Die Universität Stuttgart*, Bd. 2).
- VOIGT, J.H., 'Lehre zwischen Politik und Wirtschaft 1829-1864, Von der Real- und Gewerbeschule zur Polytechnischen Schule' in J.H. Voigt ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Stuttgart*, Stuttgart 1979, 13-138.
- VOZÁR, J., 'Die Entwicklung der Montanwissenschaften und die Anfänge ihres Hochschulunterrichts in der Habsburger-Monarchie im 18. Jahrhundert', *Acta historiae rerum naturalium necnon technicarum*, special issue 16, Praag 1981, 61-86.
- VOZÁR, J., 'Entwicklung der Bergwissenschaften und des fachlichen Bergschrifttums in der Slowakei seit der Gründung der Bergakademie in Banská Štiavnica' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlin 1987, 281-286.
- WALDEN, P., 'Zur Geschichte der Entstehung und Entwicklung des Chemiker-Berufs', *Laboratoriumspraxis* 6 (1954), 131-132, 143 en 7 (1955), 11-12, 23-24, 35-36, 47, 59-60.
- WALZEL, R., 'Montanische Hochschule Leoben' in *Die deutschen technischen Hochschulen*, München 1941, 211-222.

- WANKMÜLLER, A., 'Die Ausbildung der bayrischen Apotheker vor 150 Jahre', *Pharmazeutische Zeitung* 102 (1957), 1019-1022.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Anfänge des Apothekerstudiums in Erlangen', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 101 (1961), 1254-1258.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Anfänge des Apothekerstudiums zu Würzburg', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 102 (1962), 1533-1535.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apotheker aus den Matrikeln der Universität Heidelberg von 1800-1830', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 103 (1963), 699-704.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apothekerexamen in Baden von 1803-1830 und die Apotheker in den Matrikeln der Universität Freiburg von 1801-1830', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 104 (1964), 1218-1220, 1250-1253, 1338-1341.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apotheker aus den Matrikeln der Universität Landshut-München 1801-1820', *Pharmazeutische Zeitung* 110 (1965), 1138-1142.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Anfänge der pharmazeutisch-chemische Industrie in Württemberg zwischen 1800 und 1830', *Veröffentlichungen der Internationalen Gesellschaft für Geschichte der Pharmazie*, n.s. 28 (1966), 265-271.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Studierenden der Pharmazie an der ETH Zürich von 1855-1880', *Pharmazeutische Zeitung* 111 (1966), 1252-1256.
- WANKMÜLLER, A., 'Ausländische Studierende der Pharmazie und Chemie bei Liebig in Giessen', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 107 (1967), 463-467.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apothekerexamen in München von 1818-1825', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 108 (1968), 1632-1638.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Schüler im pharmazeutischen Institut von Wackenroder in Jena', Tübingen z.j. (1971) (= *Tübinger apothekengeschichtliche Abhandlungen*, Heft 20).
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apotheker aus den Matrikeln der Universität Heidelberg von 1831-1840', *Pharmazeutische Zeitung* 116 (1971), 1311-1318.
- WANKMÜLLER, A., 'Pharmazeutische Privatinstitute und Universitäten zu Beginn des 19. Jahrhunderts', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 113 (1973), 636-639, 673-676.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apotheker aus den Matrikel der Universität Würzburg von 1821 bis 1840', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 113 (1973), 1771-1775.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Studierenden der Pharmazie an der Universität Göttingen von 1801 bis 1830', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 115 (1975), 1494-1498.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apothekerexamen in Baden von 1831 bis 1840', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 116 (1976), 1209-1210.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Apotheker aus den Matrikeln der Universität Landshut-München 1821 bis 1830', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 117 (1977), 849-851 en 118 (1978), 1150-1153.
- WANKMÜLLER, A., 'Die Studierenden der Pharmazie an der Universität Marburg von 1801 bis 1830', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 118 (1978), 252-255.
- WANKMÜLLER, A., 'Pharmaziestudenten in den Universitäts-Matrikeln', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 119 (1979), 945-947.
- WANKMÜLLER, A., 'Anfänge des Chemie- und Pharmaziestudiums in Stuttgart unter Professor Hermann Fehling', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 122 (1982), 1805-1806.
- WANKMÜLLER, A., 'Studenten der Pharmazie und Chemie an der Universität Giessen von 1800-1852. IV. Folge', *Beiträge zur württembergischen Apothekergeschichte* 13 (1982), 148-160.
- WARSCHAUER, O., 'Die Königlich Preussische technische Hochschule zu Berlin' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 181-190.



- WEBER, W., 'Technik zwischen Wissenschaft und Handwerk. Die Technologie des 18. Jahrhunderts als Lenkungswissenschaft des spätabolutistischen Staates' in V. Schmidtchen en E. Jäger ed., *Wirtschaft, Technik und Geschichte*, Berlijn 1980, 137-154.
- WEBER, W., 'Technologie' und 'Polytechnik' in Deutschland 1780-1830' in R. Sonnemann en K. Krug ed., *Technology and Technical Sciences in History: Proceedings of the ICOHTEC-Symposium Dresden, 25.-29. August 1986*, Berlijn 1987, 303-308.
- WEFELD, H.J., *Ingenieure aus Berlin. 300 Jahre technisches Schulwesen*, Berlijn 1988.
- WEHLER, H.-U., *Deutsche Gesellschaftsgeschichte*, 2e druk, 2 dln., München 1989.
- WEHRICH, G., *Beiträge zur Geschichte des chemischen Unterrichtes an der Universität Giessen*, Giessen 1891.
- WEINGART, P., 'The relation between science and technology - a sociological explanation' in W. Krohn, E.T. Layton Jr. en P. Weingart ed., *The dynamics of science and technology*, Dordrecht en Boston 1978, 251-286.
- WEISS, J.H., *The making of technological man: the social origins of French engineering education*, Cambridge (Mass.) 1982.
- WELSCH, F., 'Die Gründung der Deutschen Chemischen Gesellschaft und ihre Bedeutung für die Entwicklung der Chemie (1867-1892)', *NTM. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin* 4 (1967), 107-117.
- WELSCH, F., *Geschichte der chemischen Industrie. Abriss der Entwicklung ausgewählter Zweige der chemischen Industrie von 1800 bis zur Gegenwart*, Berlijn 1981 (= *Chemie für Lehrer*, Bd. 13).
- WELSCH, F., 'S.F. Hermbstaedt (1760-1833) - Begründer der chemischen Technologie in Preussen', *NTM. Schriftenreihe für Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin* 23 (2) (1986), 57-64.
- WELSCH, F., 'Zur Entwicklung der Chemie und ihre Pflege an der Berliner Akademie (1822-1925)' in A. Greiner en H. Klare ed., *Chemiker über Chemiker. Wahlvorschläge zur Aufnahme von Chemikern in die Berliner Akademie 1822-1925. Von Eilhardt Mitscherlich bis Max Bodenstein*, Berlijn 1986, 11-56.
- WEYER, J., 'Der Alchemist im lateinischen Mittelalter (13. bis 15. Jahrhundert)' in E. Schmauderer ed., *Der Chemiker im Wandel der Zeiten*, Weinheim/ Bergstr. 1973, 11-41.
- WEYER, J., 'Die Entwicklung der Chemie zu einer Wissenschaft zwischen 1540 und 1740', *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* 1 (1978), 113-121.
- WEYER, J., 'Die Alchemie im lateinischen Mittelalter. Ein Überblick', *Chemie in unserer Zeit* 23 (1989), 16-23.
- WICKEL, E., 'Über die Entwicklung des chemischen Unterrichtes', *Städtische Oberrealschule zu Wiesbaden. Jahresbericht über das Schuljahr 1892/93*, 3-24.
- WIEGERT, J., *Anfangsprobleme der Nahrungsmittelchemie in Deutschland unter besonderer Berücksichtigung pharmazeutischer Verhältnisse*, Braunschweig 1975 (= *Veröffentlichungen aus dem Pharmaziegeschichtlichen Seminar der Technischen Universität Braunschweig*, Bd. 15).
- WIETSCHOECK, H., *Die pharmazeutisch-chemischen Produkte deutscher Apotheken im Zeitalter der Nachchemie*, Braunschweig 1962 (= *Veröffentlichungen aus dem Pharmaziegeschichtlichen Seminar der Technischen Universität Braunschweig*, Bd. 5).
- WILLIAMS, R., *Keywords. A vocabulary of culture and society*, Fontana/Croom Helm 1976.
- WILLINK, B., 'Burgerlijk sciëntisme en wetenschappelijk toponderzoek. Sociale grondslagen van nationale bloeiperioden in de negentiende eeuwse bètawetenschappen',

- proefschrift Universiteit van Amsterdam 1988.
- WINTERFELD, K., 'Die Entwicklung der Pharmazie an der Universität Bonn', *Deutsche Apotheker-Zeitung* 96 (1956), 540.
- WITHERS, C.W.J., 'William Cullen's agricultural lectures and writings and the development of agricultural science in eighteenth-century Scotland', *Agricultural History Review* 37 (1989), 144-156.
- WITTOP-KONING, D.A., *Compendium voor de geschiedenis van de pharmacie van Nederland*, Lochem en Gent 1986.
- WÖBKE, B., 'Das Portrait: Leopold Gmelin (1788-1853)', *Chemie in unserer Zeit* 22 (1988), 208-216.
- WURZBACH, C. von, ed., *Biographisches Lexikon des Kaisertums Österreich*, 60 dln., Wenen 1856-1923.
- WURZER, R., 'Die Stellung der Technischen Hochschule Wien im Ablauf ihrer Geschichte' in H. Sequenz ed., *150 Jahre Technische Hochschule in Wien, 1815-1965*, Wenen 1965, I, 11-157.
- ZÖLLER, E., *Die Universitäten und Technischen Hochschulen. Ihre geschichtliche Entwicklung und ihre Bedeutung in der Kultur, ihre gegenseitige Stellung und weitere Ausbildung*, Berlin 1891.
- ZWECKBRONNER, G., 'Die Ingenieurwissenschaften im 19. Jahrhundert' in J.H. Voigt ed., *Festschrift zum 150jährigen Bestehen der Universität Stuttgart*, Stuttgart 1979, 189-222.
- ZWECKBRONNER, G., *Ingenieurausbildung im Königreich Württemberg. Vorgeschichte, Einrichtung und Ausbau der Technische Hochschule Stuttgart und ihrer Ingenieurwissenschaften bis 1900 - eine Verknüpfung von Institutions und Disziplingeschichte*, Stuttgart 1987 (= *Technik und Arbeit. Schriften des Landesmuseums für Technik und Arbeit in Mannheim*, Bd. 2).
- ZWIEDINECK-SÜDENHORST, O. von, 'Die Grossherzoglich Badische Technische Hochschule zu Karlsruhe' in W. Lexis ed., *Die Technischen Hochschulen im Deutschen Reich*, Berlin 1904, 265-275.

## SUMMARY

Key-positions in modern society are not only held by economic and political elites but also by members of highly educated occupational groups. Several of these only emerged during the nineteenth century. The profession of chemist is a typical example. During the first half of the nineteenth century major transformations occurred both in the character and the organization of the chemical and related industries in the European industrial nations. The management of the factories, which until then had been in the hands of 'practical men with some knowledge of chemistry', passed to 'chemists employable in a large variety of practices'. Soap-boilers, white lead makers, distillers of aqua fortis, candle makers and the like were replaced by industrial chemists. This was, however, not a simple substitution process in which one pre-existing occupational category superseded another, but a process which occurred *pari passu* with the emergence and constitution of the industrial, or technical, chemist. The profession soared high both in terms of numbers and of social prestige, especially in Germany. A better understanding of the formation of this new occupational group may teach us not only much about the nature and social position of the chemist's occupation in Germany, but also about some characteristic traits of German society. The formation of the occupation of the industrial chemist in Germany constitutes the subject of this book.

The emergence of new occupations and professions forms a rather neglected area within historiography and sociology. Empirical research on professionalization has been largely concerned with changes in the educational level, status, power and organization of pre-existing occupations. Almost without exception only very general statements are to be found in the literature, regarding the emergence of completely new occupations. One example is the proposition that the formation of new occupations in the nineteenth century was the result of increasing social divisions of labour under the influence of industrialization and modernization. Empirical studies elaborating this generality more concretely for specific occupations are conspicuous by their absence. The near-absence of such studies must be attributed in part to the methodological difficulties in this area. Historical research into the genesis and development of new occupations appears to be a rather troublesome undertaking, with regard to both the availability of sources and the delimitation of the object of inquiry (i.e. an occupation which is only in the making).

An analysis of the literature on the sociology of occupations and professions and a review of historical studies on the development of the occupation of the chemist is presented in *chapter 1*. I propose there that the emergence of the industrial chemist's occupation can be studied pre-eminently by following the development of polytechnic education. The chemist's occupation is a so-called 'modern' occupation which cannot be simply characterized by the function exercised, and the work content of the job. It is marked rather by the level of training required for its practice. It is precisely the modern chemist's broad employability, mentioned above, which makes it barely sensible to study the genesis of the occupation by examining changes in the work situation within a single

branch of industry. The unit of analysis must be at a higher level of aggregation. In a situation in which professional or occupational associations remain missing, the most suitable candidate for such a unit is the educational system. More specifically with respect to the occupational conditions within the chemical industry in nineteenth century Germany, the focus will be on a special type of school which precisely had been brought into existence to foster industry and the trades, i.e. the polytechnic school.

In the final decade of the eighteenth century, when the first attempts were made to establish polytechnics, the foremost aim was to improve the level of training of existing occupations and trades. There was no question of training technical specialists. Around 1850 the picture was completely different. By that time the polytechnic schools had separate curricula for civil engineers, architects, mechanical engineers and technical chemists. The development of polytechnic education from 1790 to 1850 reflected changes in the occupational structure within industry, including the chemical industry. This book will testify that much more than a passive reflection of changing conditions within industry was involved. The transformation of polytechnic and university chemical education was more a cause than a consequence of the emergence of the occupation of the chemist.

Having chosen the institutional development of polytechnic education as the main focus of analysis, I then pay due attention to the development of university education in the period under study. In several chapters the situation with respect to the universities is brought briefly to the fore. For this purpose, I have been able to make use of several studies dealing with the development of the chemist's occupation within this special setting, e.g. the publications of Ben-David, Gustin, Hickel, Possehl, Turner and Köster (see section 1.2).

These studies are certainly informative regarding chemical education at universities, but for understanding the genesis of the occupation of the chemist their value is limited severely by the fact that they only deal with those institutional developments which are related directly to chemistry. In particular, the supposed influence of Justus Liebig, Giessen's professor of chemistry and pharmacy, is put in such a manner that the impression is created that the emergence of the chemical occupation was the exclusive result of his actions. What is painfully absent in all these studies is a broader social perspective. Such a perspective is a pre-requisite for a proper understanding of the formation of the occupation of the chemist. For as I contend in chapter 1, the emergence of new occupations has to be explained from the interplay between events in a particular domain of work and knowledge (e.g. chemistry) and developments affecting the social division of labour as a whole. It is precisely this interplay that I have attempted to portray in this book.

The first section (chapters 2, 3 and 4) examines how chemistry, the chemist, and technical-chemical instruction developed in the centuries preceding the foundation of the first German polytechnic institutes. How the content of the concept of chemistry and the words that were used in Germany for this domain of knowledge and action changed continuously from the late Middle Ages onward is described in *chapter 2*. At the outset chemistry ('Alchimey') was the art of bringing the metals to perfection, connected closely with metallurgy. Following a brief broadening of the meaning of the word chemistry into a generally applicable fire- and separation art (partly under the influence of the so-called 'distillation-tradition'), in the first half of the seventeenth century chemistry was increasingly identified with the art of making medicines. Circa 1700 the meaning of the concept of chemistry changed for a third and final time. This concept would henceforth stand for the art and science that provided insight into the elementary building-blocks of which a particular substance was composed (i.e. the so-called 'principles'). According to the claims

of eighteenth century savants, 'Oekonomen', and chemists, it would be possible on the basis of this art and science to conduct and improve medicine, agriculture, the trades, and factories along rational lines.

Terminology changed *pari passu* with these actual developments. Chemistry was initially designated as 'Alchimey', but around 1600 it became increasingly common to term this domain of knowledge and action 'Chimia'. Around 1670 the spelling 'Chymie' emerged, and a century later the term 'Chemie' was introduced. I demonstrate in chapter 2 that these changes can be understood particularly from changes in the institutional context of knowledge transfer in the domain of chemistry.

Against this background of shifts in the meaning and spelling of the concept of chemistry, I have dealt with the question of what was meant by the terms 'Alchimist', 'Chymicus', 'Chymist' or 'Chemiker' during the period of 1500 to 1800. It was concluded that these terms usually did not refer to a particular occupation, but were meant only to convey that the person so designated possessed some knowledge in the area of chemistry. There were nevertheless some functions for which these terms were used specifically: the function of 'court alchemist', the 'chemist' as a producer of medicines, and the 'chymicus' as a teacher of chemistry at a medical faculty. There were, however, no formal training schemes for these functions.

During the eighteenth century chemistry teaching also developed external to the medical faculties, and pharmacies. The subject of *chapter 3* is the history of this educational development, the aim of which was the advancement of German industry, and the improvement of public finance. Until about 1790 technical-chemical education for the high-born and well-to-do had been through state-organized mining schools, universities, and 'Kameral-Institute'. This was strictly separated from the teaching to manufacturers and artisans, which was usually given in the form of evening and Sunday courses. During the period of social and political turmoil which followed the French Revolution, initiatives were taken in several German states to found schools that would cater both to the needs of future state officials and learned men and to those of the industrial middle class. The first attempts to establish polytechnic schools or similar institutions (in Brunswick, Switzerland, Prague and Bavaria) need to be understood from this same background. These schools did not however offer cursory instruction oriented to the training of chemical specialists. Only the so-called private chemical institutes appeared to orient themselves, at first glance, to the training of 'Chemiker von Profession'. A more detailed analysis demonstrates that this designation was used mostly to refer to pharmacists with an excellent chemical education. The analysis of technical-chemical education in chapter 3 thus confirms the conclusion of chapter 2 that about 1800 there were as yet no institutionalized training routes for particular 'chemical functions'.

Chapter 3 also deals simultaneously with the prehistory of the German polytechnic institutes. The traditional view that the founding of these was merely a matter of transplanting a French model - i.e., the *École polytechnique*, founded in 1794 - to German soil, proves to be in need of revision in the light of the history of German technical education in the eighteenth century. This revision constitutes an essential part of the argument since it is impossible to grasp the precise character of the transformation of this kind of education between 1800 and 1850 without a proper understanding of the nature of early polytechnic education.

A thorough and detailed analysis is undertaken of the nature and development of chemical instruction at the Paris *École polytechnique* in *chapter 4* for the same reason. Two questions form the core of this chapter. Firstly the question of if the Paris school

offered a training for chemists; and secondly whether the German polytechnics really resembled their so-called Parisian example. I have attempted essentially to address both questions in the negative. Although chemical instruction, and in particular chemical laboratory instruction, at the *École polytechnique* at the outset was rather substantial, further analysis shows that the extent should be understood as an outcome of certain pedagogic ideas. These, as such, had nothing to do with the training of chemical specialists. A few years after the school's founding the proportion of chemistry teaching in its curriculum was reduced substantially. Between 1794 and 1815 the curriculum and instruction at the *École polytechnique* was constantly changing its character. These very changes make it difficult to speak of a French 'model'. The Paris school developed into a militarized élitist institute in which rigorous mathematical instruction was at the core of the curriculum. The German polytechnic schools, by contrast, maintained for a considerable period the popularizing, non-exclusive pedagogical orientation of the Enlightenment. In this period circa 1815-1830, therefore, the German polytechnic schools and the Parisian institute barely resembled each other. If the *École polytechnique* had any influence in Germany, it was only on certain specific parts of the curriculum, e.g. the introduction of descriptive geometry (founded by Monge), and the use of the chemical textbooks of Fourcroy, Chaptal, and Thenard.

The second part of the thesis (chapters 5, 6, 7, 8 and 9) deals with polytechnic chemical instruction in Germany, Austria and Switzerland. In order to understand fully the nature and the position of chemical instruction given at polytechnic schools in Germanic countries in the first decades of the nineteenth century, it is necessary to make a detailed analysis of the ideas of Johann Joseph Prechtel. He was the founder, and first director of the Vienna polytechnic school in 1815. In *chapter 5* it is argued that Prechtel deserves this attention since he had much influence on German polytechnic education generally. He developed a curriculum of technical-chemical teaching within the area of chemistry which was emulated throughout Germany. Prechtel put new life into the pedagogical ideals of the Enlightenment in Vienna. His effort to bridge existing divisions and oppositions in the areas of didactics and educational policy was characteristic of Prechtel's thought and action. He attempted to combine practical and theoretical scientific education, and concentrated instruction to artisans and state engineers in a single institution. The teaching of chemistry was incorporated in a structure in which general chemical instruction for students in all disciplines was combined with instruction specifically designed for the practitioners of 'chemical occupations' such as soap-making, dyeing and brewing. For the first type of instruction Prechtel invented the term 'general technical chemistry', and for the second course the term 'special technical chemistry'. Both subjects could be studied independently. For some (e.g. artisans) special technical chemistry would be the entry into general technical chemistry. Others with a more thorough secondary education studied special technical chemistry after a course of general technical chemistry. Prechtel became involved in a protracted conflict with the professor of Special Technical Chemistry, Paul Traugott Meissner, because of this design.

Prechtel's didactics fitted neatly into the existing structure of artisanal occupations. The teaching offered needed to represent a well-balanced curriculum which catered for many needs. There was no structuring of the curriculum in coherent study programmes for specific disciplines, such as mechanical engineering or technical chemistry. The data available on the pupils who followed chemical instruction in Vienna shows that before 1830 there was no specific training for chemist. That the same observation is also valid for other German polytechnical schools between 1800 and 1830 is demonstrated in *chapter 6*.

During this early period there was much variation in the nature of polytechnic education. In chapter 6 four types of polytechnic school are distinguished. For all the school types the conclusion is that they were intended for artisans, manufacturers, and engineers, but not for future chemists.

Between 1830 and 1850 the situation changed radically. From a relatively undifferentiated - or, sometimes, an extremely differentiated - choice of courses around 1830, a situation developed in these twenty years in which polytechnic schools possessed well-structured curricula for higher technicians in the areas of chemistry, architecture, mechanical engineering, and civil engineering. This transformation process forms the basis of chapters 7, 8 and 9.

In chapter 7 I describe how political changes after the July Revolution of 1830 led in nearly all German states to substantial alterations in the educational system. The relationship between university education and non-university technical education was redefined. In this process the distinction between 'Wissenschaft' and 'Technik' replaced increasingly the dichotomy between the state sector and the private sector as a criterion of demarcation. Separate institutions for technical education were created additionally for the higher middle class. A minimally differentiated system of schools oriented to industry, in which artisans, manufacturers, and engineers visited the same schools, was replaced in due course by a hierarchically organized system of lower and higher technical schools. This new organization of technical instruction reflected not only the growing gap between managers and personnel as a result of industrialization and the increase of factory size, as well as the increasing gap between the higher and lower middle class, but also the emergence of a new 'intermediary class' of engineers ('höhere Techniker'). These occupied a position between the learned savants and the factory owners. Their task was to 'organize the relations between theory and practice'. The very dichotomy between lower and higher technical schools contributed strongly to the social recognizability of the 'higher technician'. The polytechnics became the pre-eminent institutions where those higher grade technologists were trained. Initially the whole process did not yet lead to separation into distinct technical disciplines. A few polytechnics, such as those in Bavaria and Berlin, had a uniform programme for engineers and technologists of all occupational orientations. Other institutions, i.e. those in Vienna and Prague, followed the principle of free choice of subjects through which every student could, in principle, select his own programme of study.

In the area of chemistry a veritable revolution of the laboratory also occurred parallel to all the changes taking place in the German educational system. This revolution is the theme of chapter 8. In the eighteenth century both the production laboratories of the 'chymists' and the university laboratories were characterized by the presence of large ovens and furnaces for the separation of substances through distillation and the preparation of new chemicals. People learned essentially the same skills within both types of laboratories. This situation changed with the emergence of analytical chemistry. Chemical analyses could now be performed with small apparatus, such as the blow-pipe, and with a relatively cheap set of chemicals. The training in analytical-chemical laboratory techniques would attain an ever increasing importance, firstly in metallurgical education and then in pharmaceutical and medical education. The production laboratories largely missed out in this development, and as a consequence 'school' and 'factory' grew further apart in terms of the skills that could be learned in both contexts. Persons skilled in analytical chemistry did not get their training in practice. The relative cheapness of the laboratories of analytical chemistry compared to their predecessors made it possible for laboratory instruction to occupy a far

more prominent place in chemical education. The years between 1820 and 1830 constituted the period in which analytical-chemical laboratory instruction acquired a definitive role in the Universities, and the private chemical-pharmaceutical schools. A central position was held by the laboratory of Friedrich Stromeyer at Göttingen, where a whole generation of German professors of chemistry was trained.

Sections 8.4 and 9.1 examine the occupational situation in the field of chemistry around 1830 and the situation of chemical instruction at the polytechnics at that time. The conclusion is drawn that the modern occupation of chemist did not then exist. Regular training schemes or curricula for chemists were absent. The recruitment of chemistry teachers followed a different course than the training of chemical personnel for the chemical industry. Analytical chemistry was detached from industrial test procedures (section 8.6), and instruction in analytical chemistry was destined almost solely for pharmacists, state physicians, and metallurgists. *Chapter 9* analyses how and why this situation changed in a manner such that about 1850 there were special chemical departments at the German polytechnics in which chemists could be prepared for all branches of industry, and, in some cases, also for teaching. In these chemical curricula the instruction in chemical analysis occupied a central place.

The essential elements in this transformation of chemical education at the German polytechnics were: (1) the changes in educational policy of the 1830s; (2) the increasing importance and the mathematization of mechanical and civil engineering accompanying industrialization and railway-building; and (3) the narrowing of the gap between academic analytical chemistry and industrial analyses. This last development was both a result of the fact that a new generation of chemical teachers skilled in chemical analyses were appointed at the polytechnics, and of the propaganda efforts of Justus Liebig, who as no other declared that a thorough training in analytical chemistry would enable a person to solve many types of chemical problems, be they pharmaceutical or industrial.

Although the educational reforms of the 1830s had, in theory, strictly separated the universities from higher technical education, their actual effect was to bring both types of institutions into a competitive relationship. The development of increasing scientification which had begun in the polytechnics after 1830 - promoted both by high state officials and by the teachers - increasingly threatened the social function of university education in science and mathematics. Some university professors - in chemistry pre-eminently Liebig - attempted to stem the tide by emphasizing the industrial and practical relevance of scientific training at the Universities. The end result was a gradual decrease of differences between the university and polytechnic courses and curricula, and the emergence of educational routes preparing for chemical functions within all sectors of society. This is an essential characteristic for the formation of a modern occupation.

At the polytechnics the emergence of chemistry departments was promoted also by developments occurring in other areas. The introduction of state examinations for civil engineers and the impetus provided by railway-building, called into existence special curricula for civil and mechanical engineers at several German polytechnics. These developments could not remain without effect on chemical education because of the institutionally determined coupling caused by the organizational structure of the polytechnics as a whole. Thus, in Karlsruhe (1847) and Brunswick (1855), teaching programmes evolved for (technical) chemists which were more or less a by-product of developments in other disciplines.

Between 1845 and 1855 nearly all German polytechnics introduced special curricula for (technical) chemists. In some cases the decisive impulse was given by the introduction of a course in analytical chemistry. In other cases the impetus was provided by neighbouring



technical disciplines. With the introduction of special curricula for chemists, a development which occurred simultaneously in a somewhat different guise at the universities, the modern occupation of the chemist also emerged. Chemists were now trained for all branches of chemical industry, the medical and pharmaceutical sector, and for secondary and higher education, via the same basic course in chemistry. Different accents, which initially existed between universities and polytechnics, largely disappeared, as section 10.1 indicates, between 1850 and 1870.

The remaining part of *chapter 10* in conclusion summarizes the preceding chapters from the perspective of the functions in which those chemically trained were active during the period that has been studied. It analyses the causes of the emergence between 1830 and 1850 of specialized chemical curricula. The formation of the modern profession of chemist was, partly, the result of broader social and political developments in German society. These influenced the social division of labour at large and explain partly why German chemists had a status and social position that differed from their French and British counterparts. The emergence of the new profession was also the result of factors which were specific to chemistry. The latter factors - e.g. the special part played by chemistry in Enlightenment pedagogical thought, or the social functions of analytical chemistry - meant that broader social developments did not leave the pursuit of chemical education unaffected.

Compared to the existing literature on (1) the formation of new occupations, (2) the history of German polytechnic instruction, and (3) the social history of chemistry, this study offers interesting new results. In the first area I have shown that the history of education may supply excellent tools to gain access to the somewhat elusive phenomenon of the emergence of a new occupation. The history of German polytechnic instruction presented in this study has highlighted a much more differentiated picture than was previously available. The fact that the years around 1830 constituted a break in the development of German polytechnic education, and that there were initially substantial differences between the German polytechnics, had not been previously portrayed in the literature of the history of technology. The third area of this study has sketched a picture of the society configuration in which the pursuit of chemistry developed into an occupation in Germany. The efforts of one of the most central participants in this process, Justus Liebig, can thus be put in the perspective of the development of German secondary and higher education. My analysis shows that even when Liebig had not played his prominent part a chemical occupational group would have emerged in Germany.

In view of previous historical research into university education in chemistry (section 1.2), and the present study on polytechnic chemical education, there are still two important desiderata in the field of the genesis of the chemist's occupation that wait clarification. These are the conduct of a systematic and comparative inquiry into the genesis of the occupation in Germany, England and France, and the execution of an extensive prosopographical study, concerning the years between 1800 and 1850. In this last study attention should be paid to the (previous) training and careers of (industrial) chemists, chemical manufacturers and managers in the German chemical industry, to the careers of German university students in chemistry, and to the careers of the students of the industrial and trades departments of the German polytechnic schools. Many preparatory studies are already available to start the comparative study mentioned above (see section 10.3). Performing the prosopographical study will certainly be faced with a lack of sources.

Nevertheless one should not underestimate the progress that could be made by combining in one single data-base the many data distributed in many books and articles. This could possibly provide an enhanced understanding of the part played by technical expertise in the German chemical industry in the period 1800-1850, which has barely been researched. The present study has revealed the main contours of the supply-side of the 'chemical labour market'. Studies into what happened within the firms deserve to be placed now at the top of the research agenda.

*(vertaling: Henk van den Belt, met dank aan Dr. G.J.F. Chittenden)*

# REGISTER VAN PERSONEN

- Accum, F.C. 208, 256, 258, 365, 402, 419,  
 425, 491, 493, 496  
 Achard, F.C. 110, 462  
 Agricola, G. 70-71  
 Agricola, J. 450  
 Ailly, A. d' 80  
 Albertus Magnus 54  
 Altenstein, K. von 248, 268, 485  
 Ampère, A.M. 306  
 André, C.K. 167-168  
 Angus 514  
 Aquino, Th. van 55  
 Arcet, J. d' 430  
 Arzberger, J. 474, 503  
  
 Bacon, R. 54-55  
 Bärensprung, F. von 506  
 Baeyer, J.F.W.A. 345, 370, 402  
 Balling, K.J.N. 207, 213-214, 278, 283,  
 314, 415, 427, 499, 505  
 Baltard 137  
 Bamberger, M. 217  
 Barner, J. 65  
 Barruel, E. 137  
 Basedow, J.B. 101, 458  
 Bauer, A. 417  
 Baumé, A. 459, 492  
 Baumgartner, A. (von) 328-329, 331, 427-  
 428, 509  
 Bayer, Fr. 348, 357, 514  
 Becher, J.J. 57, 65, 78, 85, 100, 256, 259,  
 445, 452, 490, 502  
 Beckmann, J. 94-97, 108, 111, 146, 174,  
 370, 455-458, 460, 463, 475  
 Beguin, J. 62-64, 66-67, 81-82, 444, 449  
 Berch, A. 453  
 Bergman, T.O. 68, 257, 263, 490  
 Bernoulli, Ch. 479  
 Bertele, G.A. 430  
 Berthollet, C.L. 137-138, 145-147, 151-  
 152, 283, 468, 470-471  
 Berzelius, J.J. 264, 284, 313, 316, 320,  
 324, 430-431, 480, 497, 499, 506  
 Best, A. 451  
 Beuth, P.Ch.W. 111, 118, 200, 219, 241-  
 242, 305, 440, 478, 481, 487  
 Beyer, M. 419  
 Biedermann, F.C. 322  
 Binks 282, 499  
 Biringuccio, V. 442  
 Birnbaum, K. 409  
 Bischof, E. 506  
 Bischof, K.G. 270  
 Blankaart, S. 65-66, 72-73, 448  
 Blücher, H.H.F. von 271, 497  
 Boerhaave, H. 74, 91, 170, 454  
 Bolley, P.A. 345, 419  
 Booth, J.C. 181, 317  
 Born, I. 99  
 Bosu 137  
 Bouillon-Lagrange, E.J.B. 145, 147  
 Boulton, M. 104  
 Bourdelin, C. 67  
 Boyle, R. 65, 67, 446-447, 450  
 Brendel, Z. 449  
 Brochant 431  
 Brougham, H. 197, 258  
 Brühl, graaf 196  
 Brühl, J.W. 411  
 Brunner, K.E. 271, 497  
 Brunschwygk, H. 58, 60, 63, 71, 442-443  
 Buchner, J.A. 269, 277, 291, 426-427, 461,  
 494  
 Bucholz, C.F. 493  
 Büchner, P.T. 405  
 Buff, H.L. 12, 342, 346, 356, 415, 435  
 Buff, J.H. 271, 497  
 Bunsen, R.W. 149, 271, 273, 278, 289,  
 291, 317-319, 349, 410, 428, 497, 500

- Campe, J.H. 79, 81  
 Cardano, G. 70  
 Carnot, L.N.M. 306  
 Caro, H. 511  
 Chaptal, J.A.C. 111, 137-138, 141, 146, 151-152, 154, 157, 172, 174, 226, 283, 456-457, 463, 468-471, 475-476, 484, 491  
 Chaussier, E. 137  
 Clave, E. de 64, 445  
 Clement, N. 431  
 Clemm, C. 510  
 Clemm, C.F. 510  
 Comte, A. 224-226, 248, 369, 484  
 Condorcet, A.N.C. de 118  
 Coriolis, G.G. 306  
 Crell, L.F. 75-77, 82, 99, 103, 481  
 Crelle, A.L. 484  
 Creutzburg, H.C. 274, 498  
 Croll, O. 62, 444, 449  
 Crome, G.E.W. 465  
 Cronstedt, A.F. 257  
 Crum, W. 514  
 Cullen, W. 93, 454  
  
 Dahlmann, F.C. 322  
 Dalton, J. 53  
 Darcet, zie Arcet, d'  
 Darjes, J.G. 94, 458  
 David, J.L. 134  
 Debus, H. 510  
 DeClave, zie Clave, de  
 Degen, A.F.E. 187, 206-208, 214, 295, 313, 317-318, 416, 426  
 Delorme 137  
 Descartes, R. 65, 454  
 Deschamps d'Avallon, J.B. 282  
 Descroizilles, F.A.H. 283, 499  
 Diderot, D. 113, 450  
 Diesterweg, A. 322  
 Dilthey, J.F.K. 323  
 Dingler, J.C. 111-112, 120, 161, 208, 210-211, 400, 425, 463  
 Dobenheim 137  
 Doebereiner, J.W. 270, 279, 427, 478, 482, 489, 498, 514  
 Dove, H.W. 419  
 Drappier, J.J. 471  
 Duclos, S.C. 65, 67  
  
 Duflos, A.F. 491  
 Dumas, J.B. 152, 213, 221, 224-225, 324, 361, 363, 369, 430  
 Dunlop, C. 514  
  
 Eimbcke, G. 269  
 Einhof, H. 427, 465  
 Eller, J.T. 447  
 Engelhart, J.F.P. 206, 213, 271-272, 414, 426, 497  
 Engeström, G. von 256  
 Ercker, L. 442  
 Erdinger, G.F. 81, 450  
 Erdmann, O.L. 208, 213, 221, 291, 295, 341-342, 348, 346-347, 350, 356, 365, 410, 426, 481, 507, 511, 513  
 Erlenmeyer, R.C.A.E. 346, 349, 356, 370, 412  
 Ernsting, A.C. 79, 440, 444, 454  
 Erxleben, J.C.P. 75, 92-93, 104, 449, 455-456  
 Eschenbach, Ch.G. 430  
 Ettingshausen, A. (von) 328-329, 331, 509  
 Ettmüller, M. 65  
  
 Faraday, M. 212, 490  
 Faveur, la, zie LaFaveur  
 Fehling, H.C. (von) 271, 277-279, 313, 318-319, 327, 336, 356, 389, 416, 420, 428, 498, 500, 506-507  
 Fellenberg, P.E. 122  
 Ferber, J.J. 99, 457  
 Ficinus, H.D.A. 208, 213, 277, 406, 426, 481, 501  
 Fiedler, K.W. 104-107, 460  
 Fischer, F. 301, 317-318  
 Fischer, N.W. 270  
 Fleck, W.H. 406  
 Forke, F.W. 419  
 Fourcroy, A.F. (de) 64, 102, 134-142, 144-148, 151, 154, 156-157, 164, 170, 176, 181, 225-226, 445, 468-470, 482  
 Fraas, N.K. 420  
 Francesco I de Medici 59  
 Francke, A.H. 86, 100  
 Frank, A. 349  
 Frank, J.P. 104, 264, 266, 492  
 Franklin, B. 450  
 Franz I (Franz II) van Oostenrijk 122, 124-

125, 164-165, 171-172  
 Fraunhofer, J. 233, 369, 486  
 Freind, J. 65, 446  
 Fresenius, C.R. 264, 279-280, 284-285, 347, 349, 361-362, 371, 511-512  
 Freund, A. 411  
 Freyssmuth, J.C.J. von 207  
 Fricke, J.H.G. 404  
 Friedrich Wilhelm I van Pruisen 86  
 Fries, K.F.E. 405, 428  
 Fritsch, J.C. 447, 453  
 Fromherz, K. 270  
 Fuchs, J.N. 264, 267, 269, 277, 426-427, 495  
 Fuss, W.E. 242, 503  
  
 Gahn, J.G. 99, 257  
 Galenus 57, 62, 70, 73, 81  
 Galileï, G. 64  
 Gauss, C.F. 156, 421  
 Gay-Lussac, J.L. 147, 150, 177, 264, 282-284, 320, 365, 431, 508  
 Geber 55-56, 60, 442  
 Geiger, P.L. 277, 428  
 Geinitz, H.B. 406, 419, 429  
 Geissler, H. 282  
 Gellert, C.E. 89  
 Gerhardt, Ch. 220-221, 481  
 Gerstner, F.J. (von) 124-127, 163-166, 169-171, 175, 180, 186, 466, 472, 474  
 Gesner, C. 61, 63, 70-72  
 Gilbert, L.W. 209, 426  
 Gintl, W.F. 415  
 Glaser, Ch. 72, 446, 449  
 Gmelin, C.G. 187, 206, 214, 269-270, 313, 430, 507  
 Gmelin, J.F. 75, 95, 129, 174, 449, 455-456, 460, 475  
 Gmelin, L. 269, 271, 273-274, 277, 318, 335, 427-428, 497  
 Goebel, C.C.T.F. 269, 500  
 Goethe, J.W. (von) 484, 514  
 Götting, J.F.A. 76-77, 82, 104, 256, 266, 430, 451, 460-461, 480, 490, 494  
 Gottlieb, J. 407, 428  
 Graebe, C. 510  
 Griess, P. 510  
 Griffin, J.J. 258, 260

Günsberg, J.W. 411  
 Guyton de Morveau, L.B. 137-138, 145, 147-148, 256, 283, 468, 470, 499  
  
 Hachette, J.N.P. 137  
 Hahn, J.D. 454  
 Hahnemann, S.F.C. 266, 493  
 Hardenberg, C.A. von 267  
 Hare, R. 212  
 Hartmann, J. 449  
 Harvey, A. 514  
 Hassenfratz, J.H. 137, 468  
 Hassler, K.D. 336  
 Hauff, J.K.F. 474  
 Haug, J.F.G. 204  
 Hausmann, J.F.L. 430  
 Hecker, J.J. 100-101, 458  
 Heeren, F. 271, 310, 408, 420, 427, 483, 501  
 Henckel, J.F. 88-89, 447  
 Henry, W. 256, 258  
 Herget, F.A.L. 125  
 Hermann, F.B.W. 233, 235, 369, 482  
 Hermbstaedt, S.F. 98, 100, 104-107, 110-111, 117-118, 129, 146, 168, 170, 172, 174, 177, 200, 203, 214, 266, 268, 354, 356, 429-430, 450, 460-463, 471, 475, 480, 490, 493, 498  
 Herrmann, J.B. 413, 425  
 Hiärne, U. 88  
 Higgins, B. 459  
 Hildebrandt, F. 425, 475, 496  
 Hippokrates 62  
 Himly, A.F.K. 271  
 Hlasiwetz, H.H.C. 417  
 Hochheimer, C.F.A. 492  
 Hoffmann, G.A. 94, 103, 449  
 Hoffmann, J.M. 80  
 Hoffmann, R. 415, 511  
 Hofmann, A.W. (von) 29, 272, 344, 349, 467  
 Hohenthal, P. von 94, 455  
 Holger, P.A. von 328  
 Hübner, J. 79, 440  
 Humboldt, A. von 109, 150, 224, 241, 369, 422, 484  
 Humboldt, W. von 109, 114-119, 169, 226, 232

- Imhof, M. 462  
 Ittner, F. von 271, 407, 420, 425-426, 430, 481, 497  
 Jacquin, J.F. von 165, 176, 178, 325, 329, 331, 425-428, 508-509  
 Jacquin, N.J. (von) 425  
 Jähkel, L.F. 406, 427  
 Jassnüger, J.N. 164-166  
 Jelgershuis, J. 80  
 Jobst, F. 506  
 Johannes XXII, paus 55  
 John, J.F. 494  
 Jordan, P. 164-165  
 Joss, J.R. 180-181, 207-208, 214, 313-314, 417, 420, 426, 477, 480, 505  
 Juch, K.W. 112, 119, 208, 277, 400, 425, 462, 481  
 Juncker, J. 74-75, 453  
 Jung-Stillling, J.H. 97, 111, 299, 456, 479  
 Jungius, J. 445  
 Justi, J.H.G. von 87-88, 93, 452  
 Kaiser, G.C. (von) 213-214, 277, 412-413, 427  
 Karmarsch, K. 207, 213, 278, 295, 298-299, 310, 408, 411, 420, 427, 475-476, 480, 505  
 Kasteleyn, P.J. 462  
 Kastner, K.W.G. 206, 269, 272, 426, 430, 497  
 Kayser, C.H.A. 306  
 Kersten, K.M. 271  
 Kirwan, R. 99  
 Klaproth, M.H. 99, 257, 266, 462  
 Klauprecht, J.L.J. 335  
 Klopstock, F. 77  
 Knapp, F.L. 404, 413, 420  
 Knoblauch, J.W. 493  
 König, C.A. 510  
 Kolbe, H. 254, 346, 349, 435  
 Kolowrat, F.A. von 329, 331  
 Kopp, E. 345  
 Kraut, K.J. 308, 408, 420  
 Kühn, O.B. 270-271, 273, 291, 490-491, 494, 497-498  
 Kunth, G.J.Ch. 109-112, 116-118, 422, 440, 462, 464  
 Kurr, J.G. 214, 416, 420, 427  
 Lachmann, A.G. 410, 429  
 Ladenburg, A. 510  
 Ladomus, J.F. 488  
 LaFaveur, S.M. 62, 444  
 Lagrange, J.L. 137, 145, 147  
 Lambardie, J.E. 133, 135-137, 144, 150, 468  
 Lampadius, W.A. 264, 273-274, 355, 456, 490, 492, 494, 498-499, 511  
 Lancillotti, C. 73, 450  
 Lang, H. 287, 289  
 Lange, J. 72-73  
 Langermann, J.G. 268  
 Laplace, P.S. 139, 143-144, 146, 148, 151, 154, 156-157, 170, 225-227, 463, 470  
 Laurens 499  
 Lavallée, A. 224  
 Lavoisier, A.L. 53, 64, 68, 99, 140, 213, 253, 255, 260, 324, 445, 450, 468, 490  
 LeFèvre, N. 64, 66, 445-446, 449  
 Leibniz, G.W. 85, 100  
 Lemery, N. 62, 65, 67, 72, 78, 352, 444-446, 449-450  
 Lemire jr. 137  
 Le Mort, J. 65, 446, 454  
 Lengerke, A. von 419  
 Leo, F.J. 401, 412, 426-427, 430, 480  
 Leonhardi, J.G. 446  
 Leonhardt, A.S. 511  
 Levinstein, I. 511  
 Lewis, W. 98  
 Leykauf, Th. 278, 295, 414, 428  
 Libavius, A. 56, 61-64, 66, 81, 443-447, 449  
 Liebig, J. (von) 12, 28-36, 38-39, 41, 44, 46, 131-133, 139, 150, 187, 191, 215, 221, 251, 264, 269, 272-273, 277-278, 289, 291, 312, 314-315, 318-329, 331-333, 335, 338, 343, 345-347, 349, 361, 365, 369-373, 428-429, 431, 435, 467, 474, 480, 483, 492, 497, 499, 501, 506-510  
 Limpricht, H. 510  
 Link, H.F. 268  
 Locques, N. de 65  
 Lösche, E.G. 295, 406, 429  
 Lohrmann, W.G. 300-301  
 Lomonossov, M.W. 89, 93, 454  
 Ludolf, H. 455, 459

- Ludwig I van Beieren 231  
 Lull, R. 56-58, 60, 441, 443  
 Luther, M. 444
- Macquer, P.J. 93, 445, 454-455, 459, 468, 492  
 Magnus, G. 278, 335, 338, 401, 419, 429  
 Mangold, C.A. 455  
 Marggraf, A.S. 89, 459  
 Marquart, L.C. 492  
 Martin de Campredon 137  
 Martius, E.W. 269, 494  
 Marx, K.F. 416  
 Marx, K.M. 271, 313, 404, 419, 427, 430  
 May, J.G. 117, 464  
 Mayer, J.J. 461  
 Medicus, L.W. 413  
 Meissner, P.T. 175-182, 184, 186, 202-203, 205, 207-210, 213-214, 313-316, 320, 324-325, 328, 330-332, 335-336, 356, 417, 420, 425, 473, 475-476, 483, 505-506, 508-509  
 Memmert, J.F. 81, 450  
 Merian, P. 271, 497  
 Metternich, C. von 230, 329, 331  
 Meunier 137  
 Meyer, J.L. 409  
 Meyer, M. 263, 499, 505  
 Meyer, V. 345  
 Mitscherlich, E. 264, 271, 273, 335, 369, 422, 428-429, 431, 497  
 Mitterer, H. 486  
 Mohr, C.F. 280, 283, 285, 333, 508  
 Mohs, F. 427-428  
 Moldenhauer, K.F.A. 271, 277-278, 295, 405, 428, 497  
 Mond, L. 358, 510  
 Monge, G. 133, 135-137, 139-144, 150, 154-157, 164, 170, 225-226, 423, 468-470, 472, 484  
 Montgelas, M.J. von 118  
 Morveau, zie Guyton de Morveau  
 Müller, P.B. 419  
 Müller, W. 480
- Napoleon 134, 143-144, 146-147, 150-151, 154, 189, 471  
 Nathusius, G. 365, 427
- Nebenius, K.F. 243-246, 249, 293, 316, 321-322, 346, 369-370, 440, 488, 506  
 Nees von Esenbeck, C.G. 494  
 Nees von Esenbeck, T.F. 270  
 Nendtvich, K.M. 402, 429  
 Neumann, K.A. 206-208, 210, 213, 415, 425  
 Neveu 137  
 Newton, I. 64, 65, 446-447, 454  
 Niethammer, F.I. 114, 118-121
- Oken, L. 231-233  
 Olivier, Th. 144, 152, 224-226  
 Osann, G.W. 269  
 Otto, F.J. 277, 283, 313, 319, 338, 341, 365, 404, 419, 427, 483, 499, 507, 510
- Pach, I. 483  
 Paracelsus, P.A. 58, 60-63, 67, 71-72, 381, 443  
 Parkes, S. 490  
 Pasqualati, J. von 332, 417, 428, 509  
 Pattison, H.L. 368  
 Payen, A. 506  
 Pelletier, B. 137-138, 141, 470  
 Pelouze, Th.J. 361, 363  
 Pepys, W.H. 217  
 Perkin, W.H. 368  
 Persoz, J.F. 221  
 Pestalozzi, J.H. 101, 116, 167, 458  
 Pfaff, C.H. 264, 270, 279, 314  
 Pickel, G. 425, 430  
 Pleischl, A.M. 331  
 Pohl, J.J. 181, 183, 417, 420  
 Poirrier, A.F. 348  
 Poncelet, J.V. 306  
 Posselt, L. 498  
 Pott, J.H. 447
- Precht, J.J. 46, 102, 111-112, 154, 157, 161, 163, 166-187, 191, 197, 203, 206-208, 210, 213-215, 218-219, 226, 249, 251, 298, 326, 328, 331-333, 336, 370, 417, 425, 467, 473-476, 481, 484, 503, 506, 511  
 Prieur, C.A. 143-144, 468  
 Prony, G.C.F.M. Riche de 137
- Quadrat, B. 403, 429

- Ragsky, J.F. 420, 509  
 Rammelsberg, C.F. 277, 335, 338, 401-402, 419, 429  
 Redtenbacher, F. 293-294, 306-307, 309, 369, 503, 505  
 Redtenbacher, J. 329, 331, 428-429  
 Reichenbach, G. 233, 235, 369, 486  
 Reichenbach, K.L. (von) 328, 474, 509  
 Reid, D.B. 258  
 Remer, W.H.G. 493  
 Rensellaer, S. van 474, 483  
 Reusch, E. 309, 318  
 Richter, J.B. 76  
 Ripley, G. 55  
 Rochleder, F. 278-279, 411, 428  
 Rösslin, E. 59  
 Rolfinck, W. 449  
 Rose, H. 264, 270, 277, 279, 314, 329, 429, 431  
 Roth-Scholz, F. 490  
 Rothe, G. 447, 454  
 Rouelle, G.F. 257, 492  
 Rouelle, H.M. 257, 490  
 Rousseau, J.J. 101-102, 113, 115  
 Rübel, F. 514  
 Rüde, G.W. 266, 493  
 Rühlmann, C.M. 306  
 Ruland, M. 448  
 Rumpf, L. 271  
 Runge, F.F. 271, 497  
 Rupescissa, J. de 57-58, 441-442  
 Saalfeld, F. 497  
 Šafařík, V. 415  
 Sage, B.G. 258, 490  
 Saint-Simon, H. de 224, 484  
 Salm-Reifferscheid H. 167-168, 364, 474  
 Salzer, K.F.C. 498  
 Salzmann, C.G. 101, 103, 167, 458, 460  
 Sande, J.B. van den 493  
 Schacht, Th. 323, 502, 506-507, 509  
 Schäffer, K.F. 406  
 Schafhäutl, K.E. 413, 420  
 Scharrer, J. 233, 235-236, 239, 305  
 Schaub, J. 105, 107, 206, 266, 426, 460, 493  
 Scheele, C.W. 257, 490  
 Scherer, A.N. 462  
 Scherer, J.B.A. 126, 208, 415, 425  
 Schiller, J.M. 269  
 Schleiermacher, F.E.D. 114  
 Schlesinger, S. 417, 428  
 Schmidlin, Ch.F. 205  
 Schmidt, C.A. 416  
 Schmieder, K. 105-107  
 Schmieder, K.Ch. 458  
 Schmitt, R.W. 409-410  
 Schneider, J.B. 306  
 Schödler, F. 11-12, 246, 294, 312, 332, 370, 488, 505  
 Scholz, B. 176-177, 179-180, 182, 184, 202, 207-208, 213, 356, 417, 425, 475, 482  
 Schonck, P.T. 462  
 Schorlemmer, C. 510  
 Schrader, J.C. 268  
 Schreber, D.G. 122  
 Schreger, Ch. H. Th. 493  
 Schrötter, A. (von) 181-182, 328-333, 338, 407, 417, 420, 427-428, 507, 509  
 Schubarth, E.L. 208, 210, 214, 241-242, 305, 401, 419, 425, 481, 501, 503  
 Schubert, J.A. 301, 306-307, 503  
 Schübler, G. 465  
 Schulz, J.M.F. 117  
 Schulze, J. 231  
 Schwarz, K.L.H. 285, 407  
 Schweigger, J.S.C. 119, 206, 208-210, 269, 413, 425, 481  
 Schweigger-Seidel, F.W. 269, 492, 508  
 Seebeck, L.F.W.A. 301  
 Semmler, C. 100-101  
 Seubert, K. 338, 409, 420, 429, 498  
 Seydlitz, von 242, 245, 249  
 Seyferth, A. 404  
 Shaw, P. 91, 170, 256  
 Siller, A. 514  
 Simpson, W. 67  
 Smith, A. 97, 108, 243  
 Smola, J. von 427-428  
 Sommerhoff, J.Ch. 440, 446  
 Spielmann, J.R. 89  
 Sprengel, P.K. 271, 404, 427  
 Staberoh, J.H.J. 268  
 Städel, W. 510  
 Städeler, G.A.C. 419  
 Stahl, G.E. 53, 57, 64-67, 78, 85-86, 88, 94, 170, 447, 453, 502



- Staněk, J. 415  
 Stein, H.W. 277, 342, 344, 358, 406, 429  
 Stein, K. von und zum 267  
 Steinmann, J.J. 206-208, 211, 213-214, 278, 415, 425  
 Stevin, S. 448  
 Stöller, Dr. 103  
 Stölzel, C. 412  
 Štolba, F. 415, 511  
 Stolz, F. 357  
 Straet, J. van der 59  
 Streckler, A. 510  
 Stromeyer, F. 206, 264, 266, 268-273, 277, 313, 317, 362-363, 426-428, 430-431, 440, 482, 497, 500  
 Stroof, I. 510  
 Suckow, G.A. 129, 174, 269, 453, 455-457, 496  
 Suckow, L.J.D. 76  
 Suida 54  
 Sylvius, F. dele Boë 65  
  
 Taaffe, J. 167  
 Tennant, J. 514  
 Teichmeyer, H.F. 67, 91, 441, 446-447  
 Thaer, A. 122, 427  
 Thenard, L.J. 145, 147-149, 157, 177, 213, 217, 431, 456-457, 471, 476, 482, 490, 505  
 Thiel, K.E. 405  
 Thiersch, F. 231-232, 235, 322  
 Thomson, Th. 361, 363, 365, 446  
 Tieboel, B. 451  
 Tralles, J.G. 421  
 Tresfel, M. de 65  
 Trommsdorff, J.B. 76-77, 100, 105, 107, 112, 130, 133, 205, 257, 264, 266-267, 269, 354, 422, 425, 460-462, 471, 493-494, 508  
 Tulla, J.G. 155-156, 244, 423, 472  
 Turner, E. 271  
 Turte, K.D. 458, 464  
 Tust, E. 514  
  
 Ugarte, A. 166  
 Uhde, A. 248-249, 293, 311, 489  
 Umpfenbach, H. 269  
  
 Ure, A. 365, 499  
 Utzschneider, J. von 233, 235-236, 238-239, 369, 486  
  
 Vauquelin, L.N. 137-138, 141, 257, 264, 266, 283, 468, 470  
 Venel, G.F. 454  
 Vest, L.C.J.A. von 208, 210, 407, 426, 430  
 Vieweg, E. 294, 435, 497, 501, 507  
 Villanova, A. de 57-58, 443  
 Vogel, F.K.A. 413  
 Vogel, H.A. 206, 208-209, 295, 412, 426, 430, 480-481  
 Vogel, H.W. 511  
 Voltaire 113  
  
 Wackenroder, H.W.F. 271, 273, 277, 427  
 Waidele, E. 332, 417, 420, 428, 509  
 Walch, J.G. 53  
 Walchner, F.A. 206, 208, 214, 271, 287, 290, 295, 307, 313, 334-336, 346, 409, 420, 426, 430, 498  
 Wallerius, J.G. 90-95, 450, 454-455. 469  
 Weber, F.R. 401  
 Weber, J.A. 76, 449, 462  
 Wedel, G.W. 57, 65, 67, 447  
 Wegely, J.G. 106  
 Weigel, C.E. 75, 92, 94-95, 97, 104, 111, 449, 475  
 Weingärtner, G.J. 79  
 Weith, W. 510  
 Weltzien, K. 271, 287-288, 307, 335-336, 338, 370, 409, 420, 428  
 Wenzel, C.F. 446  
 Wernkekinck, F.C.G. 269, 271  
 Wiederhold, J.E.E. 410  
 Wiegand, J.C. 75, 82, 92, 95, 100, 103-107, 111-112, 128, 203, 354, 449, 455-456, 459-461, 470-471, 475, 480, 498  
 Wiesner, J. 510  
 Wiggers, H.A.L. 271, 291  
 Will, H. 279-280, 291, 498  
 Winkelblech, C.G. 277, 410, 428  
 Wislicenus, J. 345  
 Witting, E. 492  
 Wittstein, G.Ch. 291

Wöhler, F. 12, 264, 278, 291, 316-320,  
331, 338, 346, 410, 427, 435, 480, 497,  
500, 506, 509-510, 513

Wolf, F.A. 114

Wolf, G.A.(?) 411, 420

Wolff, Ch. 85, 451

Wucherer, G.F. 406-407

Wurtz, A. 11, 255-256

Wurzer, F. 270, 428, 462, 480

Zedler, J.H. 79, 81, 440, 444

Zeise, W.C. 271

Zierl, L. 413, 420

Zimmermann, J.C. 75, 82, 90, 92, 441,  
450

Zimmermann, S. 442

Zincke, G.H. 87-88, 93, 123, 452, 458

Zulkowsky, K. 403, 510

Zwenger, C. 291

# REGISTER VAN PLAATSNAMEN

- Åbo 90  
 Aken 296, 419  
 Altdorf 80  
 Alt-Haldensleben 365  
 Amsterdam 80  
 Angers 152, 224, 244  
 Augsburg 44, 73, 110-112, 119-120, 153,  
 161-163, 191-193, 195, 197-198, 210-  
 211, 213, 229, 238, 247, 292, 355, 384,  
 386, 388, 396, 400-401, 412-413, 423,  
 425, 427, 430, 473-474, 481, 486, 513  
 Barmen 348, 419  
 Bazel 43, 70, 271, 448, 457, 479, 511  
 Berlijn 11, 29, 31, 44, 87, 89, 98, 100,  
 104-106, 109-111, 117, 122, 153, 156,  
 163, 169-170, 174, 193-194, 197-198,  
 200-202, 210-211, 213, 215-216, 218-  
 220, 229, 236, 241-242, 247, 257, 261-  
 263, 270-271, 277-278, 287-288, 292,  
 295-297, 304-305, 314, 316, 322, 325,  
 329, 335, 337-339, 343-345, 355, 362,  
 369, 382, 384, 386, 388, 390, 392, 394,  
 396, 401-402, 421-422, 425, 429-431,  
 451, 453, 457-459, 478-481, 483-484,  
 491-492, 495-496, 500-502, 507, 511,  
 513  
 Bern 122, 271  
 Bischofsheim a/d Rhön 167  
 Blansko 167, 474  
 Boedapest 385, 387, 402, 429  
 Bonn 11, 270, 457, 480, 492, 496, 506,  
 511  
 Bremen 267  
 Breslau 270-271, 285, 491, 496  
 Brünn 167-169, 343, 385, 387, 396, 402-  
 403, 429, 474  
 Brunswijk 89, 122-123, 194, 216, 219, 223,  
 229, 247-248, 271, 283, 293, 295-296,  
 299, 305-306, 310-311, 313, 317-319,  
 337-338, 382, 385, 387-388, 390, 393,  
 395-396, 403-404, 427, 452-453, 464,  
 479, 483, 485, 505, 507, 510  
 Bützow 94  
 Celle 122  
 Châlons 152, 224, 244  
 Chemnitz 70, 240, 300, 419  
 Darmstadt 87, 229, 234, 247, 271, 289,  
 294-296, 300, 323, 335, 337, 382, 385,  
 387-388, 390, 393, 395, 404-405, 428,  
 458, 485, 501-502, 504, 506-507, 509-  
 510  
 Dessau 101  
 Dresden 87, 122, 193, 196-198, 209-210,  
 215, 219, 223, 229, 234, 237, 240-241,  
 247, 266, 294-295, 300-302, 306-307,  
 314, 317, 334, 337-338, 362, 382, 384,  
 386, 388, 390, 392, 394, 396, 405-406,  
 426-427, 429, 479, 487, 493, 500-503  
 Düsseldorf 193, 406  
 Eckartsberg 105  
 Edinburgh 258  
 Elberfeld 357  
 Erfurt 94, 105, 112, 130, 193, 195, 267,  
 422, 455, 459, 461-462, 464, 493, 513  
 Erlangen 269, 272, 427, 430, 491, 494, 497  
 Florence 59  
 Frankfurt am Main 300, 511  
 Frankfurt a/d Oder 87, 122  
 Frauenfeld 461  
 Freiberg 88-89, 264, 271, 274, 355, 492  
 Freiburg i/B 192-193, 195, 198, 270-271,  
 406-407, 425, 430, 448, 457, 478, 496  
 Fürth 305-306  
 Fulda 494

## Gent 474

Giessen 31, 34, 36, 38-39, 93, 131-133,  
139, 191, 221, 269, 271-272, 277-279,  
289, 291, 312, 318, 320, 323, 327-329,  
331-332, 335, 346, 349, 362-363, 365,  
404, 431, 457, 492, 497, 506-507, 509

Glasgow 258, 361, 363, 365, 514

Glashütte 99

Göttingen 75, 92-96, 174, 206, 215, 266,  
269-273, 277, 287, 291, 317, 322, 346,  
362-363, 428, 430, 435, 440, 452, 457,  
461, 463, 468, 482, 488, 497, 500, 505,  
507, 513

Graz 181, 193, 209, 295, 317-319, 328,  
343, 345, 384, 386, 396, 407, 426-428,  
507

Greifswald 75, 90, 94, 448, 457

Halle 85-89, 94, 100, 269, 447, 453, 458,  
492, 508

Hambach 300

Hamburg 72, 267, 269

Hannover 93, 104, 122, 198, 207, 215-216,  
219-220, 223, 229-230, 234, 237, 247,  
268, 271, 278, 293, 295, 298-299, 301,  
304, 306, 308-311, 337, 382, 385, 387-  
389, 393, 395-396, 408, 411, 420, 427,  
473, 479-480, 483-485, 488, 501-502,  
504-505

Heidelberg 97, 269, 271, 274-275, 277,  
280, 287, 289, 318, 346, 349, 428, 478,  
498, 507

Heldburg 274

Helmstedt 122

Höchst am Main 357

Höxter 492

Hofwyl 122, 465

Hohenheim 428

Hoorn 451

Idria 89, 453

Jena 76, 93-94, 122, 215, 269-271, 273,  
277, 363, 425, 427, 429, 448, 457-458,  
478, 480, 482, 489, 496, 500, 514

Kaiserslautern 122

Karlsruhe 44, 131, 153, 155, 175, 190,  
193-195, 198-199, 210-211, 215-216,  
219-221, 229-230, 234, 243-245, 247,

250, 271, 287, 289, 293-296, 306-307,  
309-311, 313, 334-335, 337-338, 343,  
345-346, 362, 382, 384, 386, 388, 390,  
392, 394, 396, 403, 407-409, 418, 426,  
428-429, 458, 472, 481, 483, 485, 488,  
498, 500-502, 510

Kassel 89, 105-107, 122, 206-219, 223,  
229, 247, 266, 271, 295-296, 313, 316-  
319, 353, 385, 387, 409-410, 423, 427-  
428, 458, 493, 510, 513

Kiel 122, 271

Koblenz 421

Königsberg 261, 448

Kopenhagen 271

Kronstadt 178

Landshut 267, 269, 277, 430, 494, 497

Langensalza 103-104

Leiden 254

Leipzig 11, 89, 193, 197, 207, 221, 223,  
254, 270-271, 291, 295, 306, 322, 341,  
362, 410, 426, 429-430, 448, 452-453,  
455, 457, 479, 488, 494, 496-497

Lemberg 385, 387, 396, 410-411, 428

Lippe 494

Liverpool 361, 363

Londen 78, 93, 98, 163, 212, 217, 256,  
271, 338-339, 363, 431, 473, 478, 491,  
493, 496

Lübeck 318

Lund 90

Luzern 193, 411

Lyon 152, 430

Maagdenburg 365, 479

Manchester 256, 361, 363

Marburg 62, 270-271, 291, 335, 346, 362,  
410, 428, 448, 457, 496, 500

Mézières 133, 135, 468

Möglin 122, 465

Montpellier 146, 152

München 38, 44, 112, 122, 163, 175, 193,  
197-198, 200-201, 207, 210-211, 213-  
214, 229, 233, 235-236, 238-239, 247,  
269, 291-292, 295, 297, 320, 337, 345-  
346, 362, 384, 386, 388, 390-392, 394,  
396-397, 400, 412-414, 421, 424, 426-  
427, 430, 457, 462, 481, 485, 495

Mulhouse 513

Naumburg 105

Neurenberg 44, 73, 119-120, 153, 162, 191-193, 195, 197, 211, 213, 229, 233, 235, 238, 247, 271-272, 278, 292, 295, 305-306, 384, 386, 388, 400, 412-414, 425-426, 428, 473, 482, 502

Olmütz 87, 402

Parijs 31, 45, 83, 102, 119, 124, 126, 130-156, 163-164, 168-169, 176-177, 186, 200, 206-208, 219-221, 223-227, 242, 244, 264, 272, 278, 292, 294, 305, 317, 348, 352, 356, 358, 363, 365, 369, 371, 407, 420, 421-423, 430-431, 459, 466, 468, 471-473, 484, 497, 507

Philadelphia 212

Plauen 240, 300

Praag 43, 87, 89, 116, 123-127, 129-131, 153, 163-164, 166, 168-170, 175-176, 185, 190, 192-193, 198-199, 206-207, 210-211, 213-215, 220, 229-230, 247, 278, 283, 293-295, 304, 313-314, 329, 331, 337-338, 343, 353, 355, 362, 365, 382, 384, 386, 388, 396, 407, 414-415, 425, 427, 435, 453, 457, 465-466, 472, 476, 478, 481-482, 494, 502, 511

Riga 419

Rostock 271, 411, 430, 448

Rothenburg 269

Rotterdam 451

Rouen 513

Scarborough 67

Schemnitz 89, 99, 122, 136, 264, 453, 457, 468

Schleissheim 239, 413, 420

Schwerin 411

Sèvres 152

St. Denis 348

St. Gobain 365

Stassfurt 349

Stockholm 90, 206, 272, 278, 352, 371, 430-431, 497

Straatsburg 221

Stuttgart 44, 156, 175, 186-187, 193-195, 201, 204, 207, 210, 214-216, 219-220, 229, 247, 271, 294-295, 300, 302, 309, 313, 317, 319, 336-337, 353, 382, 385, 387, 388-391, 393, 395, 396-397, 416, 423, 426-428, 458, 479-484, 500-502, 504, 507

Triest 168, 474

Troy (N.Y.) 474, 483

Tübingen 93, 187, 269, 318, 423, 426-427, 496, 507

Uppsala 90, 453

Vordernberg 407

Weimar 462

Wenen 42-44, 46, 87, 89, 102, 111-112, 119, 124-125, 127, 129, 131, 153-154, 157, 161-186, 189-194, 196, 198-203, 205-207, 209-211-220, 226, 230, 233, 246-247, 261, 278, 287, 292-295, 298, 300, 304, 306, 310, 312-313, 317, 319, 322, 328, 330-335, 337-338, 343, 345, 355, 360, 362, 365, 382, 384, 386, 388-390, 392, 394, 396, 402, 407-408, 411, 414, 417-418, 425-428, 430, 452, 458, 473-474, 476-479, 481-483, 485, 488, 500, 502-503, 508-511, 513

Wiesbaden 335, 349, 362

Wittenberg 448

Würzburg 167, 193, 197, 269, 271, 418, 425, 430, 457, 497

Zittau 240, 300

Zürich 43, 71, 122, 287, 289, 296, 337-338, 345, 382, 385, 387-388, 390, 393, 395-396, 418-419, 511

Zwickau 70



# CURRICULUM VITAE

De auteur werd in 1952 geboren te Venlo. Na het behalen van het diploma HBS-B aan het Protestants Lyceum te Eindhoven studeerde hij van 1969 tot 1978 scheikunde aan de Vrije Universiteit te Amsterdam en aan de Universiteit van Amsterdam. Aan deze laatste universiteit legde hij in oktober 1978 het doctoraal examen scheikunde af (cum laude) met als hoofdvak chemische technologie en als bijvakken wiskunde en wetenschap & samenleving. Van oktober 1978 tot juli 1979 doceerde hij farmacie & samenleving en statistiek aan de subfaculteit farmacie van de Rijksuniversiteit te Groningen. Sinds juli 1979 is hij verbonden aan de discipline scheikunde van de Katholieke Universiteit te Nijmegen, van 1979 tot 1983 als onderzoeker in het kader van het wetenschap & samenleving project 'De ontwikkeling van de kleurstofindustrie', en vanaf begin 1984 als universitair docent chemie & samenleving. Daarnaast is hij vanaf 1990 verbonden aan de T.U. Eindhoven in het kader van de uitgave van het seriewerk *Geschiedenis van de techniek in Nederland. De wording van een moderne samenleving, 1800-1890*, waarvoor hij het onderdeel over de chemische industrie schrijft.









Delftse Universitaire Pers